

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬОГО»**

Приладобудівний факультет

Прилади та системи орієнтації і навігації

«На правах рукопису»

УДК 531.383

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Н.І. Бурау

“___” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології

на тему: Бездротова передача даних від навігаційних датчиків

Виконав: студент 6 курсу, групи ПГ-71мп

_____ Римський Роман Олегович _____

Науковий керівник к.т.н., доц. Павловський О. М. _____

Консультант Розроблення стартап-проекту к.е.н., доц. Бояринова К. О. _____

Рецензент _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
Немає запозичень з праць інших авторів без
Відповідних посилань
Студент _____

Київ 2018 року

Реферат

Останнім часом використання бездротового з'єднання стрімко набирає популярність. Сучасні технології бездротової передачі даних з кожним днем розвиваються, збільшується діапазон зв'язу швидкість передачі даних та інші характеристики.

Використання бездротового з'єднання дає змогу підключення приладів без візуального контакту з ними, в такому випадку на підприємствах де розробляють різного роду системи з використанням навігаційних приладів виникає наступна проблема, пов'язана з визначенням який саме прилад підключено і відповідно за допомогою якого ПЗ спілкуватись з ним. Тому для вирішення цих незручностей потрібно розробити алгоритм який за допомогою отриманих даних з підключеного приладу зможе автоматично визначити який саме прилад підключено і хто є виробником. А для полегшення роботи з приладами потрібно розробити універсальне ПЗ яке буде працювати з любым підключеним приладом різних виробників. В такому випадку буде створена універсальна система комунікації з навігаційними приладами. Це буде новинкою так дозволить в подальшому створити загально прийняті стандарти передачі даних та більш універсальне ПЗ для різних навігаційних приладів. Це і є актуальністю даної роботи.

Метою магістерської дисертації є розробка бездротової передачі даних для комунікації з навігаційними системами та створення алгоритму розпізнавання підключених приладів.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- Аналіз пакетів даних від сучасних навігаційних приладів.
- Створення каналу бездротового зв'язку, для системи збору та передачі даних.
- Створення алгоритму розпізнавання підключених приладів.
- Розробка програмного забезпечення.

Об'єкт дослідження – система збору та обробки даних навігаційних систем по бездротовому каналу зв'язку.

Предмет дослідження – алгоритми розпізнавання та обробки даних.

Наукова новизна – розробка алгоритму розпізнавання підключених навігаційних систем.

Практичне значення – покращення комунікації з навігаційними приладами шляхом спрощення підключення та автоматичної ідентифікації.

Апробація результатів дисертації – тестування каналу бездротового з'єднання та алгоритму розпізнавання на приладах компанії Inertial Labs. Виступ на конференції "Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні". – 2018.

Ключові слова – Бездротова передача, навігаційні прилади, алгоритм розпізнавання.

Публікації:

1. Р.О. Римський. Розробка алгоритму розпізнавання сигналів навігаційних приладів з бездротовим підключенням / Р.О. Римський, О.М. Павловський // XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених "Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні". – 2018.

Abstract

The recent use of wireless connectivity is fast becoming popular. Modern technologies of wireless data transmission are developing day by day, the range of coherent data rates and other characteristics increases.

The use of wireless connection makes it possible to connect devices without visual contact with them, in this case, in enterprises where various systems are being developed using navigation devices, the following problem arises due to the definition of which device is connected and, accordingly, with which Software is communicating with them. Therefore, in order to solve these inconveniences, it is necessary to develop an algorithm that, with the help of the received data from the connected device, can automatically determine which device is connected and who is a manufacturer. And to facilitate the operation of devices, you need to develop a universal software that will work with your favorite device connected by different manufacturers. In this case, a universal communication system with navigation devices is created. This will be a novelty that will further create the most common standards for data transmission and more versatile software for various navigation devices. This is the topicality of this work.

The purpose of the master's thesis is the development of wireless data communication for communication with navigation systems and the creation of an algorithm for the recognition of connected devices.

To achieve the goal, the following tasks were identified:

- Analysis of data packets from modern navigation devices.
- Creating a wireless channel for data collection and transmission.
- Creating an algorithm for recognizing connected devices.
- Software development.

The object of research is a system for collecting and processing data of navigation systems on a wireless communication channel.

Subject of research - algorithms of recognition and processing of data.

Scientific novelty - development of the algorithm of recognition of connected navigation systems.

Practical value is the improvement of communication with navigation devices by facilitating connection and automatic identification.

The dissertation results approbation is a testing of the wireless connection channel and recognition algorithm on the devices of Inertial Labs Company. Speech at the conference "Efficiency of Engineering Solutions in Instrumentation". - 2018

Keywords - wireless transmission, navigation devices, recognition algorithm

Publications:

1. R.O. Rymskyi. Development of algorithm of signal recognition of navigation devices with wireless connection / R.O. Rymskyi, O.M. Pavlovskyi // XIV All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Efficiency of Engineering Solutions in Instrumentation". - 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1. ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Формування загальної потреби у бездротовій передачі даних	10
1.2. Класифікація методів передачі даних	11
1.2.1. Дротова передача даних	13
1.2.2. Бездротова передача даних	15
1.3. Огляд публікацій за темою.....	18
1.4. Мета і завдання.....	20
2. АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ПІДКЛЮЧЕНОГО ПРИЛАДУ	21
2.1. Аналіз вихідних даних навігаційних приладів	28
2.2. Розробка алгоритму розпізнавання підключеного приладу	29
2.3. Висновок до розділу	36
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСИТНА	37
3.1. Створення системи для перевірки працездатності алгоритму розпізнавання навігаційних приладів.....	39
3.2. Створення програмного забезпечення для перевірки працездатності розробленого алгоритму розпізнавання навігаційних приладів	44
3.3. Перевірка працездатності алгоритму розпізнавання.....	51
3.3.1. Перевірка працездатності бездротового каналу зв'язку	51
3.3.2. Перевірка роботи програмного забезпечення	53
3.4. Висновок до розділу	61

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	63
4.1 Опис ідеї проекту	63
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	64
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	65
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	70
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	73
4.6. Висновки до розділу	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	80
ДОДАТОК А	84

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЕОМ – Електрона обчислювальна машина

КЗК – Канал загального користування

ІВС – Інформаційні вимірювальні системи

ВП – Віртуальний прилад

БПЛА – Безпілотний літальний апарат

WPAN – Wireless Personal Area Networks

WLAN – Wireless Local Area Networks

WMAN – Wireless Metropolitan Area Networks

WWAN – Wireless Wide Area Network

VISA – The Virtual Instrument Software Architecture

GNSS – Global Navigation Satellite Systems

INS – Inertial Navigation System

AHRS – Attitude Heading Reference Systems

IMU – Inertial Measurement Units

GPS – Global Positioning System

ADAS - Advanced Driver-Assistance Systems

LiDAR – Light Identification Detection and Ranging

MBES – Multibeam Sonar

ВСТУП

На сьогоднішній день підібрати вид з'єднання для різних систем та різних задач досить просто. Проте останнім часом використання бездротового з'єднання стрімко набирає популярність. Сучасні технології бездротової передачі даних з кожним днем стають все кращими, збільшується діапазон зв'язу швидкість передачі даних та інше.

Сьогодні важко уявити життя без електронних пристроїв. Для покращення комфорту, багато приладів побуту намагаються об'єднати в одну мережу та керувати віддалено. Суспільство прагне бути вільними від будь-якого дротового з'єднання, саме тому розвиваються технології бездротової комунікації, такі як: Bluetooth-периферія, точки доступу WIFI, NFS (безконтактна оплата), навіть зарядні пристрої мають можливість бездротового з'єднання. Проте це стосується не тільки побутових приладів, використання бездротової передачі даних і в компаніях що займаються різними розробками в тому числі й ті, що працюють з навігаційними системами значно облегшить комунікацію. На підприємствах, які працюють з різними приладами що мають різні інтерфейси та кабелі виникає проблема незручності, через велику кількість проводів, які заважають та займають багато місця. Тому для покращення передачі даних гарним рішенням є заміна такого виду з'єднання на бездротове. Наприклад, проводячи випробування в приміщенні з високим рівнем шуму, можна контролювати процес віддалено, що є досить доцільним враховуючи негативний вплив шуму на слуховий апарат людини та загальний її стан.

Використання бездротового з'єднання дає змогу підключення приладів без візуального контакту з ними, в такому випадку на підприємствах де розробляють різного роду системи з використанням навігаційних приладів виникає наступна проблема, пов'язана з визначенням який саме прилад підключено і відповідно за допомогою якого ПЗ спілкуватись з ним. Тому для вирішення цих незручностей потрібно розробити алгоритм який за допомогою отриманих даних з підключеного приладу зможе автоматично визначити який саме прилад підключено і хто є виробником. А для полегшення роботи з приладами потрібно розробити універсальне

ПЗ яке буде працювати з любым підключеним приладом різних виробників. В такому випадку буде створена універсальна система комунікації з навігаційними приладами. Це буде новинкою так дозволить в подальшому створити загально прийняті стандарти передачі даних та більш універсальне ПЗ для різних навігаційних приладів.

1. ОГЛЯД СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Формування загальної потреби у бездротовій передачі даних

Сьогодні в еру цифрових технологій існує безліч способів комунікації, та обміну інформацією. Зараз передавати дані між різними пристроями стало просто і надійно. Якщо раніше щоб завантажити музику чи відео до свого телефону було потрібно з'єднувати його з комп'ютером через кабель, то зараз все те саме можна зробити швидше і надійніше завдяки бездротовим технологіям. Важко уявити сучасне життя без електронних пристроїв. Для підвищення комфорту життя багато приладів побуту намагаються об'єднати в одну мережу та керувати віддалено, тепер комунікація відбувається не тільки між людьми, а ще й між пристроями.

Суспільство прагне бути вільними від будь-якого дротового з'єднання, саме тому розвиваються технології бездротової комунікації: Bluetooth-периферія, точки доступу WIFI, NFS (безконтактна оплата), навіть зарядні пристрої мають можливість бездротового з'єднання.

На підприємствах, для тестування різного роду розробок виникає проблема незручності, через велику кількість проводів, які заважають та займають багато місця. Для спрощення процесу передачі даних було б добре замінити такий вид з'єднання на бездротове. Наприклад, проводячи випробування в приміщенні з високим рівнем шуму, можна контролювати процес віддалено, що є досить доцільним враховуючи негативний вплив шуму на слуховий апарат людини та загальний її стан.

Використання бездротового з'єднання дає змогу підключення приладів без візуального контакту з ними, в такому випадку на підприємствах де розробляють різного роду системи з використанням навігаційних приладів виникає наступна проблема, пов'язана з визначенням який саме прилад підключено і відповідно за допомогою якого ПЗ спілкуватись з ним. Для вирішення цих незручностей ми пропонуємо розробити алгоритм який за допомогою отриманих даних з підключеного приладу зможе автоматично визначити що саме за прилад підключено і хто є

виробником. Також для полегшення роботи з приладами буде розроблено універсальне ПЗ яке буде працювати з любым підключеним приладом різних виробників.

1.2. Класифікація методів передачі даних

Методи передачі даних можна поділити на два основні типи: дротова передача та бездротова передача. Зазвичай, для зручності користування у сучасних пристроях намагаються поєднати обидва типи. Всі методи передачі підпорядковуються загальним стандартам та специфікаціям.

В міжнародній організації по стандартизації ISO (International Standards Organization) найбільш відомим стандартом в сфері комунікації є семирівнева модель протоколів передачі даних OSI [1] (Open Systems Interconnection):

- Фізичний рівень – описує механічні, електричні та функціональні характеристики передачі даних, також матеріали, необхідні для встановлення та підтримки зв'язку.
- Канальний рівень – відповідає за надійність передачі даних по каналу між двома сусідніми вузлами.
- Мережевий рівень – забезпечує маршрутизацію пакетів, шляхом додавання в них адреси отримувача. Також цей рівень відповідає за обробку помилок, мультиплексування пакетів та керування протоколами даних. До протоколів цього рівня відносяться: X.25, PI, IPX, OSPF, RIP, ES-IS та IS-IS.
- Транспортний рівень – надає послуги по надійній передачі даних між кінцевими вузлами мережі. Створює межу, нижче якої передаються пакети, а вище – повідомлення.
- Сенсорний рівень – забезпечує організацію та синхронізацію обміну даними між процесами.

- Рівень візуалізації даних – включає службові операції для інтерпретації та перетворення даних. Встановлює загальні правила взаємодії двох пристроїв різних типів.
- Прикладний рівень – відповідає за взаємодію прикладних програм з інтерфейсом користувача.

Організація IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) запровадила свій стандарт локальної обчислювальної мережі IEEE 802 [2] до якого входять робочі групи:

- IEEE 802.1 – стандарт керування мережевими приладами та їх взаємодія.
- IEEE 802.2 – стандарт канального рівня, визначає методи керування логічним каналом.
- IEEE 802.3 – до цього стандарту відноситься технологія Ethernet.
- IEEE 802.4 – цей стандарт описує механізм організації мереж під назвою Token bus.
- IEEE 802.5 – в цьому стандарті описується протокол передачі даних по локальній мережі під назвою Token Ring. Обчислювальні станції в цій мережі організовані в кільцеву топологію, дані в якій передаються послідовно від одної станції в кільці до іншої.
- IEEE 802.6 – стандарт що описує протокол для міських мереж. Використовує волоконно – оптичний кабель для передачі даних з максимальною швидкістю 100Мбіт/с на відстань до 100км.
- IEEE 802.7 – цей стандарт охоплює широкосмугові локальні мережі і спеціалізується на передачі даних по коаксіальному кабелі, проте на сьогоднішній день родота над цим стандартом заморожена.
- IEEE 802.8 – Стандарт зв'язку локальної мережі розроблений для передачі даих по волоконно-оптичних кабелях.
- IEEE 802.9 – стандарт розроблений для інтегрованої передачі голосових і відео даних через дроти типу "вита пара" третьої категорії. Даний стандарт також відомий, як isoEthernet.

- IEEE 802.10 – Стандарт мережевої безпеки, в даний момент є застарілим і не використовується.
- IEEE 802.11 – Стандарт зв'язку бездротової локальної мережі, має ряд під категорій, на основі цього стандарту розроблена технологія WiFi.
- IEEE 802.12 – Стандарт технології швидкісної передачі даних фірми AT&T и HP є альтернативою Fast Ethernet, швидкість пере такої технології досягає 100 Мбіт/с.
- IEEE 802.14 – Цей стандарт описує роботу кабельного модему двосторонньої передачі даних по коаксіальних та оптичних кабелях.
- IEEE 802.15 – Стандарт бездротових персональних мереж, який містить в собі сім цільових груп, до яких також відносяться Bluetooth та ZigBee.
- IEEE 802.16 – Стандарт безпроводних мереж міського масштабу, який описує WMAX інтерфейс, має пропускну здатність 120 Мбіт/с та використовує діапазо частот від 10 до 66 ГГц.

1.2.1. Дротова передача даних

Дротова передача даних здійснює обмін інформацією за допомогою різних інтерфейсів підключення.

Інтерфейс - це сукупність ланцюгів, які об'єднують різні пристрої і алгоритми, що визначають порядок передачі інформації між цими пристроями [3].

За принципом передачі інформації інтерфейси поділяють на паралельні та послідовні.

Послідовний інтерфейс при передачі даних використовує одну сигнальну лінію по якій інформаційні біти передаються один за одним послідовно [4].

При паралельній передачі для кожного біта використовується своя сигнальна лінія, таким чином всі біти передаються одночасно [5].

За способом обміну інформацією в часі розрізняють інтерфейси з синхронною передачею даних і з асинхронною.

При синхронній передачі даних синхронізуючі сигнали задають певний часовий інтервал, протягом якого зчитується інформація з одного датчика первинної інформації. Часовий інтервал в даному випадку визначається найбільшою тривалістю затримки в системі передачі даних і максимальним часом перетворення виміряного сигналу в цифровий код.

Асинхронна передача даних характеризується наявністю керуючих сигналів. При такій організації обміну автоматично встановлюється співвідношення між швидкістю передачі даних і часом затримки сигналів в каналах зв'язку. Сигнал контроль обміну є результатом розв'язання задачі виявлення збою в процесі передачі і забезпечує розпізнавання сигналу перешкоди в каналі передачі.

При синхронній передачі даних в порівнянні з асинхронної більш ефективно використовується канал. В асинхронної передачі досягається краща стійкість [6].

За режимом обміну інформацією розрізняють інтерфейси з симплексним, напівдуплексним, дуплексним і мультиплексним режимами обміну.

У симплексному режимі тільки один з двох абонентів може ініціювати в будь-який момент часу передачу інформації по інтерфейсу.

При напівдуплексному режимі будь-який з двох абонентів може почати передачу інформації іншому, якщо лінія зв'язку інтерфейсу при цьому виявляється вільною.

Для випадку зв'язку двох абонентів в дуплексному режимі кожен абонент може почати передачу інформації іншому в довільний момент часу.

У разі зв'язку декількох абонентів в мультиплексному режимі в кожен момент часу зв'язок може бути здійснена між парою абонентів у будь-якому, але в єдиному напрямку від одного з абонентів до іншого.

Види інтерфейсів послідовної передачі даних:

RS-232, RS-423, RS-485, CAN, I2C, USB, FireWire, Ethernet, Fibre Channel, Infini Band, MIDI, Serial Attached SCSI, Serial ATA, PCI Express, Sonet и SDH, T1 и E1.
[7]

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика інтерфейсів послідовного порту [8]

Інтерфейс	Кількість приладів які підтримуються	Пропускна здатність	Максимальна довжина кабеля
COM	1	115,2Кбит/с	15-20 м
LPT	1	600Кбит – 1,5 Мбит/с	4 м
USB	127	1,5 Мбит/с – 5 Гбит/с	5 м
FireWire	63	100 – 1600 Мбит/с	4,5 м
eSATA	1	3 – 6 Гбит/с	2 м

Дротова передача даних дозволяє реалізовувати обмін інформацією між пристроями з великою швидкістю, проте недоліком такого типу зв'язку є необхідність проведення лінії дротового з'єднання, а в деяких випадках це створює певні незручності, тому іноді такий вид підключення заміняють на бездротове.

1.2.2. Бездротова передача даних

Бездротова передача даних – служить для передачі інформації між двома і більше абонентами що знаходяться на відстані, не потребуючи при цьому ніякого фізичного підключення[9].

Залежно від середовища, бездротову передачу даних можна поділити на дві великі групи, радіоканали та супутникові канали зв'язку.

В радіоканалах зв'язку передача даних здійснюється бездротовим шляхом від передавача до приймача. Передавач формує радіоімпульс певної частоти і амплітуди, коливання випромінюється. Приймач фільтрує і обробляє сигнал, після цього відбувається вилучення потрібної інформації. До цієї групи відносяться такі типи зв'язку як WPAN, WLAN, WMAN [10] (рисунок 1.1).

Передача інформації по супутникових каналах відбувається завдяки використанню супутника, на якому встановлена антена зі спеціальним обладнанням. Сигнал надходить від абонента на найближчу наземну станцію, потім здійснюється переадресація сигналу на супутник. Звідти інформація відправляється на приймач до іншої наземної станції. Супутникові канали передачі забезпечують обмін інформацією на дуже великі відстані. До них відноситься тип зв'язку WWAN [11].

Кожен тип зв'язку відрізняється по дальності дії 10м, 100м, 50км і більше, таким чином їх об'єднали в окремі мережі:

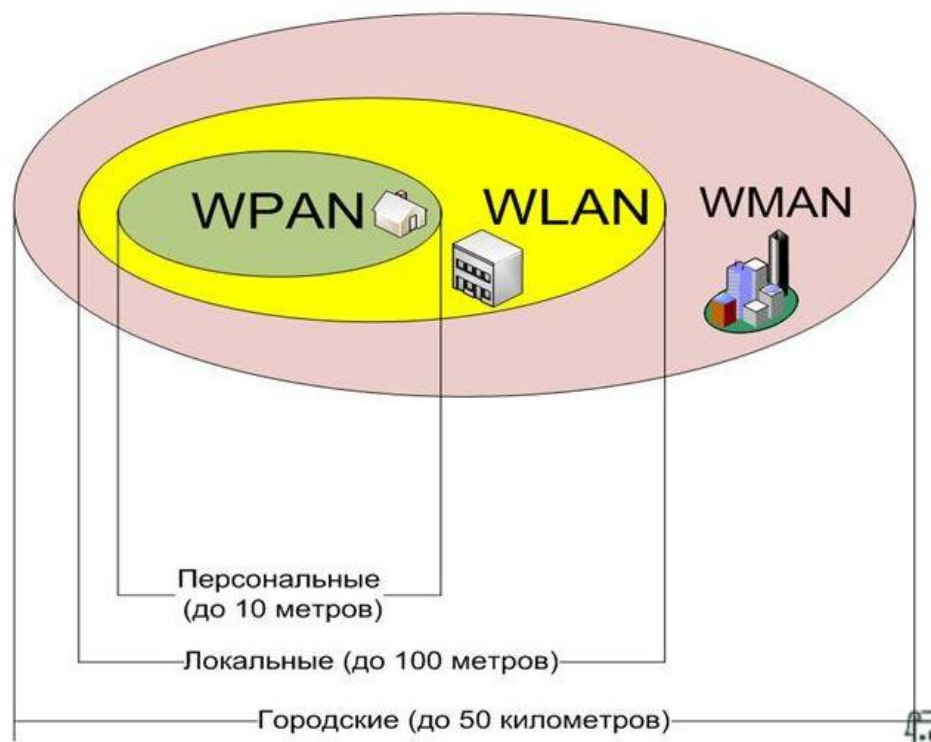


Рисунок 1.1. Класифікація бездротових мереж

WPAN – Персональні мережі. За допомогою цих стандартів підключаються периферійні пристрої. Швидкість бездротової передачі даних досить висока. Персональні мережі дозволяють обладнати системи розумних будинків, синхронізувати бездротові аксесуари з гаджетами. Прикладами технологій, які працюють за допомогою персональних мереж, є Bluetooth і ZigBee [12].

WLAN – Локальні мережі. Базуються на продуктах стандартів 802.11. Термін WiFi в даний час відомий кожному. Спочатку так було названо продукти серії стандарту 802.11, а тепер цим терміном позначають продукти будь-якого стандарту з даного сімейства. Мережі WLAN здатні створювати більший робочий радіус в порівнянні з WPAN і мають вищий рівень захисту [13].

WMAN – Мережі міських масштабів. Такі мережі працюють за тим же принципом, що і WiFi. Відмінною особливістю даної системи бездротової передачі

даних є більш широкий обхват територій і підключається більша кількість приймачів. До цієї мережі відносяться така технологія як WiMAX [14].

WWAN – Глобальні мережі. Мережі цього типу можуть працювати на основі пакетної передачі даних або за допомогою комутації каналів. До них відносяться: GPRS, EDGE, HSPA, LTE.

Проведемо порівняльну характеристику технологій та стандартів ,бездротової передачі даних (таблиця 1.2) [15-16].

Таблиця 1.2. Порівняльна характеристика технологій бездротової передачі даних

Технології		Стандарт	Швидкість передачі, Мбіт/с	Радіус дії	Частоти
WPAN	ZigBee	802.15.4	0.25	10 м	2.4 ГГц
	Bluetooth	802.15.1	3	10 м	2.4 ГГц
WLAN	WiFi	802.11a 802.11b 802.11g	54 11 54	100 м	2.4 ГГц
WMAN	WiMax	802.16d 802.16e	75 40	6-10 км 1-5 км	2.3-3.6 ГГц
WWAN	GPRS/EDGE	GSM	236	5-30 км	890-960 МГц 1710-1880 МГц
	HSDPA	UMTS	8	5-30 км	1885-2200 МГц
	Супутникові системи	DVB-S	2	Діє по всій земній кулі	10.70-12.75 ГГц

Проаналізувавши всі можливі методи передачі даних можна зробити висновок, що зараз їх існує безліч і в залежності від необхідних параметрів можна підібрати найбільш підходящий інтерфейс для своєї системи.

1.3. Огляд публікацій за темою

Зараз відомо багато досліджень пов'язаних з бездротовою передачею даних, методами вдосконалення обміном інформації та покращення алгоритмів збору та обробки даних.

Автори статті [17] описують розробку комп'ютерної моделі бездротової мережі, застосовують автоматизовані систем проектування бездротових мереж, яка базується на максимальному використанні інформації про умови поширення сигналів у вигляді електронної карти місцевості та строгих моделей каналів зв'язку. Ці дослідження дозволяють підвищити якість передачі інформації в мережі і оптимізувати показники електромагнітної сумісності з іншим бездротовими мережами.

Стаття [18] присвячена безпеці протоколу передачі даних Bluetooth. Авторами розглядається процес взаємодії двох пристроїв по стандарту 802.15.1, описані алгоритми передачі даних та їх захисту за допомогою генерації ключа шифрування та автентифікації. Зазначені недоліки алгоритму шифрування, та запропоновано використання більш складних цифрових ключів.

У статті [19] представив широкий огляд чотирьох бездротових стандартів: Bluetooth, UWB, ZigBee і WiFi з кількісною оцінкою з точки зору передачі: час, ефективність кодування даних, складність протоколу, потужність споживання, радіоканали, співіснування механізмів, розмір мережі та безпека. Але автори не роблять жодних висновків стосовно того який стандарт є кращим.

Системи збору та обробки даних на базі бездротових датчиків розглянута в статті [20] як аналогова автоматизована система управління з розмежованою архітектурою. Авторами представлено інформаційну модель синтезу структури автоматизованої системи збору та обробки даних. Представлені керуючі та

комунікаційні підсистеми. Проведений синтез керуючих систем. Під синтезом розуміється визначення порядку розподілу алгоритму збирання та обробки даних.

Розробка інерціальних навігаційних систем для автомобілів представлена в публікації [21]. Авторами демонструють прототип системи навігації, яка була зібрана на базі 8-бітного мікроконтролера від Atmel, ATmega169, встановлені наступні чутливі елементи: гіроскоп ADXRS150, акселерометр ADXL203 і магнітометр. Даний блок оснащений антеною для бездротової передачі даних до центрального блоку де відбувається їх подальша обробка. Також розглядається питання точності та калібрування. Похибка визначення курсу в цього прототипу становить 5градусів, що є дуже непоганим результатом для таких датчиків.

Покращення інтегрованих навігаційних алгоритмів INS / MCS для БПЛА. В цій статті [22] розкривається проблема затримки даних від об'єкта дослідження. Найкращим методом вирішення цієї проблеми було впровадження фільтра Калмана в алгоритм обрахунку.

Енергоефективні схеми вузлів бездротової передачі даних представлені в роботі [23]. Розглядається декілька способів забезпечення енергоспоживання. Проаналізовані результати дозволили обрати найкращий спосіб який перевершив інші існуючі схеми з точки зору енергоспоживання, тривалості життя, затримки пакетів та передачі пакетів. Він може працювати протягом більш тривалого часу, оскільки вузли сенсорів використовують енергію лише для відстеження та повідомлення пакетів на мобільні вузли.

1.4. Мета і завдання

У наш час бездротове з'єднання набирає великої популярності, активно розвиваються і вдосконалюються технології бездротової передачі даних. Поступово всі виробники заміняють кабелі на модулі, так як такий спосіб комунікації набагато зручніший.

Метою даної роботи є розробка системи збору та обробки даних, з автоматичним визначенням джерел інформації та бездротовим каналом зв'язку.

Досягнення мети передбачає вирішення таких задач:

- Аналіз пакетів даних від сучасних навігаційних приладів.
- Створення каналу бездротового зв'язку, для системи збору та передачі даних.
- Створення алгоритму розпізнавання підключених приладів.
- Розробка програмного забезпечення.

Об'єкт дослідження – система збору та обробки даних навігаційних систем по бездротовому каналу зв'язку.

Предмет дослідження – алгоритми розпізнавання та обробки даних.

2. АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ПІДКЛЮЧЕНОГО ПРИЛАДУ

На сьогоднішній день сфера навігації досить поширена і відповідно існує велика кількість компаній які розробляють навігаційні системи, прилади та чутливі елементи. Розглянемо декілька компаній що займають високий рейтинг в даній сфері промисловості.

Inertial Labs – Компанія заснована в 2001 році, є лідером в області технологій позиціонування та орієнтації як для комерційних, так і для промислових та аерокосмічних оборонних систем [24]. Завдяки всесвітній дистриб'юторській і представницькій мережі, що охоплює більше 20 країн на 6 континентах, компанія займається розробками від пристроїв інерційного вимірювання (IMU) до повних інтерактивних навігаційних систем (INS), що підтримуються системою GPS, застосовуються в наземних, морських та повітряних системах. Ця компанія охоплюють гамбіт інерційних технологій.

В 2015 році Inertial Labs була сертифікована офіційно ISO 9001. Компанія постійно концентрується на якості, одночасно дотримуючись своїх принципів розробки продуктів, які представляють найменшу вартість, найменший розмір та найнижчу споживану потужність у межах даного класу точності для всіх видів продуктів. В Inertial Labs близько 75% співробітників мають інженерні ступені. Компанія розробляє прилади та надає послуги як цивільним, так і оборонним компаніям, таких як: Raytheon, Thales, Northrop Grumman, DRS, Lockheed Martin, Hyundai, Samsung, NASA, Boeing та багато іншого.

Серед основних можливостей, що не входять до конкретного продукту, Inertial Labs є фахівцями з технологій термоядерного синтезу. Досвід компанії охоплює весь спектр позиційних та орієнтованих технологій, включаючи інерційну, магнітну, GNSS, LiDAR, оптичну, акустичну, надширокосмугову радіочастотну та сонячну.

В рамках державних служб Inertial Labs працює під кількома урядовими контрактами, що стосуються досліджень та розробки технологій розташування та орієнтації. Широко відома як орієнтація на озброєння, так і системи для стеження за

рухом людини, Inertial Labs також займається розробками, спрямованих на розширення можливостей, пов'язаних із введенням в тактичні, так і навчальні програми елементи віртуальної та розширеної реальності. Технічні характеристики приладу INS описані в таблиці 2.1.

Основні програми, в яких технології Inertial Labs вже широко використовуються, включають в себе:

- GPS Інерціальні навігаційні системи (рисунок 2.1);
- Безпілотні автономні транспортні засоби;
- Автономні наземні транспортні засоби;
- Безпілотні судна;
- Віддалені транспортні засоби;
- Автономні підводні транспортні засоби;
- Радари та антени стабілізаційні та вказівні системи;
- Антенні слідкуючі системи;
- Дистанційне зондування (відображення, фотограметрія низької висоти);
- Автомобільна промисловість (ADAS, випробування на транспортних засобах);
- Наземні транспортні навігаційні системи;
- Системи протипожежного контролю;
- Активні компенсаційні системи;
- Обстеження на основі LiDAR / MBES / SBES;
- Сонячні системи відстеження;
- Моніторинг структури будівель, труб та мостів.



Рисунок 2.1. INS компанії Inertial Labs

Таблиця 2.1. Технічні характеристики INS компанії Inertial Labs

Electrical	Units	INS
Supply voltage	V DC	9 to 36
Power consumption	Watts	2.6
Output Interface (options)		RS-232, RS-422, Ethernet, CAN
Output data format		Binary, NMEA 0183 ASCII characters
Physical		
Size	mm	120 x 50 x 53
Weight	gram	320
Environment protection		IP67

Advanced Navigation – це Австралійська компанія, що спеціалізується на розробці та виробництві навігаційних технологій та робототехніки. Компанія концентрується на виробництві продуктів найвищого стандарту якості, як з точки зору обладнання, так і програмного забезпечення. Компанія працює в широкому

діапазоні областей, включаючи датчики, GNSS, інерціальну навігацію (рисунок 2.2), радіочастотні технології, акустику, робототехніку та алгоритми. Вона є сертифікованою за стандартом ISO 9001, і підтримує сувору систему контролю якості у двох дослідницьких установах та трьох виробничих центрах, які розташовані в Австралії [25]. Технічні характеристики приладу INS описані в таблиці 2.2.



Рисунок 2.2. INS компанії Advanced Navigation

Таблиця 2.2. Технічні характеристики INS компанії Advanced Navigation

Electrical	Units	INS
Supply voltage	V DC	9 to 36
Power consumption	Watts	2.64
Speed	baud	4800 to 2M
Output Interface (options)		RS-232, RS-422
Output data format		Binary
Physical		
Size	mm	90 x 127 x 31
Weight	gram	285
Environment protection		IP67

iMAR Navigation – Німецька компанія, резиденцією якої розташована в місті Санкт Інгберт є однією з провідних фірм з багаторічним досвідом, що пропонують на світовому ринку розробки, проекти, виробництво, сервісне обслуговування і збут

інерційних вимірювальних і навігаційних систем для виконання оборонних завдань, топографічних вимірювань, стабілізації, управління, регулювання і спеціального призначення [26]. Велика база для розвитку інерційних вимірювальних систем, до яких пред'являються особливо суворі вимоги, являє собою ноу-хау в області інерціальної вимірювальної техніки, навігаційної алгоритмічної техніки, сенсорних приладів, обчислювальної техніки і дизайну технічного забезпечення.

Кваліфікація співробітників і використання різних технологій чутливих інерційних елементів і компонентів системи дозволяє iMAR реалізувати переконливі з технічної та економічної точки зору продукти і системні рішення.

Виробництво iMAR реалізоване за військовими, промисловими, автомобільними та аерокосмічними стандартами якості. Надійність продукції компанії гарантується сучасним виробничим цехом, сертифікованим відповідно до стандартів якості ISO 9001. Виробниче підприємство сертифікується за EASA Part 21G (авіа-технічне обладнання) з 2011 року. Технічні характеристики приладу INS описані в таблиці 2.3.



Рисунок 2.3. INS компанії iMAR Navigation

Таблиця 2.3. Технічні характеристики INS компанії iMAR Navigation

Electrical	Units	INS
Supply voltage	V DC	9 to 34
Power consumption	Watts	8.5 to 10
Output Interface (options)		USB, CAN, UART RS232/422, Ethernet 100 Mbit/s, NMEA183, ARINC825,
Output data format		Binary
Physical		
Size	mm	102 x 138 x 65
Weight	gram	800
Environment protection		IP67

OXTS – Англійська компанія що займається розробкою навігаційних систем, головними клієнтами компанії є виробники автомобілів, які використовують прилади компанії для тестування динаміки автомобілів, перевірки датчиків системи допомоги водіям та розробки самохідних автомобілів (автопілоту). Також асортимент комбінованих компактних систем GNSS / INS (рисунок 2.4) використовується для позиціонування сенсорів та орієнтації на мобільних картах транспортних засобів або для прямого географічного зв'язку з бортовим геодезичним спостереженням[27]. Технічні характеристики приладу INS описані в таблиці 2.4.



Рисунок 2.4. INS компанії OXTS

Таблиця 2.4. Технічні характеристики INS компанії OXTS

Electrical	Units	INS
Supply voltage	V DC	10 to 31
Power consumption	Watts	12
Output Interface (options)		CAN, UART RS232, Ethernet 100 Mbit/s,
Output data format		Binary
Physical		
Size	mm	142 x 77 x 41
Weight	gram	435
Environment protection		IP65

Inertial Sense – це приватна компанія США, яка спеціалізується на розробці і виготовленні мініатюрних високоточні інерційних систем навігації (рисунок 2.5) GPS, AHRS та IMU [28]. Мають багаторічний досвід у мікромеханічних системах та розроблять найменші та найточніші в своєму класі навігаційні системи. Технічні характеристики приладу INS описані в таблиці 2.5.



Рисунок 2.5. INS компанії Inertial Sense

Таблиця 2.5. Технічні характеристики INS компанії OXTS

Electrical	Units	INS
Supply voltage	V DC	4 to 20
Power consumption	mWatts	625
Output Interface (options)		USB, TTL, RS232, RS485, CAN, I2C
Output data format		Binary
Physical		
Size	mm	35.9 x 25.4 x 11.2
Weight	gram	10.5
Environment protection		IP65

2.1. Аналіз вихідних даних навігаційних приладів

Вихідні дані представляють собою послідовний потік бітів інформації яку видає прилад. Отримані дані для зручності подальшої роботи з ними переводять в шістнадцяткову систему числення. Шістнадцяткова система числення, або Hex – це позиційна система числення в якій кожне число записується за допомогою 16-ти символів. Цифри від 0 до 9 відповідають значенням від нуля до дев'яти, а 6 літер латинського алфавіту A, B, C, D, E, F відповідають значенням від десяти до п'ятнадцяти[29].

Так як прилади містять в собі декілька блоків датчиків то відповідно дані з них комплектуються в загальні пакети інформації. Щоб з потоку даних виділити пакети використовуються маркери. Маркер пакету даних – це декілька біт які розташовані на початку пакету, вони є незмінними для всіх приладів певної компанії. Структура пакетів даних (рисунок 2.6) у кожного виробника відрізняється тому і заголовки пакетів різні як по довжині так і по значеннях. Заголовок (header) це певна кількість байт що розташована на початку пакету і містить в собі маркер та службову інформацію, однак в деяких випадках службова інформація може розміщуватись не на початку пакету а в будь-якому іншому місці. Службова інформація містить в собі формат даних, розмір пакету та іншу інформацію закладену розробником.

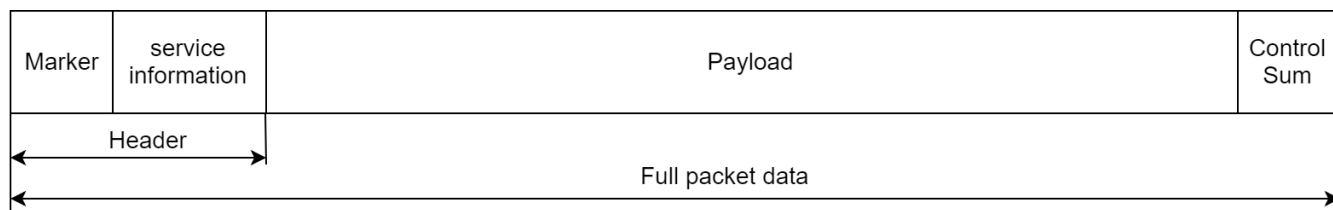


Рисунок 2.6. Структура пакету даних

Кожен прилад видає пакети даних за різними форматами відповідно і довжина цих пакетів теж відрізняється. Цілісність отриманої інформації перевіряється шляхом контролю розміру пакету, де звіряється кількість отриманих біт інформації з необхідною. Після перевірки дані розділяють по елементам, в навігаційних приладах розташовані декілька видів різних чутливих елементів, показники цих датчиків можуть передаватись як одним так і більшою кількістю байт.

Для проведення аналізу вихідних даних навігаційних приладів було використано посібники користувача та технічні специфікації приладів таких компаній: Inertial Labs, iMAR Navigation, Inertial Sense, Advanced Navigation. Після вивчення документації було визначено структуру форматів видачі даних, варіанти можливих форматів для кожного приладу, визначено маркери пакетів, службову інформацію, розмір пакетів та послідовність розташування отриманих даних з датчиків приладу. Вся отримана інформація буде необхідна для подальшої розробки алгоритму.

2.2. Розробка алгоритму розпізнавання підключеного приладу

Проаналізувавши вихідні дані приладів, та документацію деяких компаній було створено базу даних в яку занесено інформацію про маркери пакетів, службовою інформацією та довжиною пакетів даних для приладів.

Визначено що в різних виробників маркери пакетів даних мають розмір 2 байти, але відрізняються за значеннями. В таблиці 2.6. показано маркери приладів різних виробників.

Таблиця 2.6. Маркери пакетів даних різних виробників

Компанія виробник	Прилад	Маркер пакету
Inertial Labs	INS	AA55
iMAR Navigation	INS	BB66
Inertial Sense	INS	EE33
Advanced Navigation	INS	DD88

Проте у всіх виробників маркери стандартизовані під їхні прилади, тобто у всіх приладів які виготовляє певна компанія буде однаковий маркер. Це перший критерій по якому алгоритм визначає якому виробнику належить цей прилад. На рисунку 2.7 зображено структуру частини алгоритму що відповідає за розпізнавання маркеру пакету. Дані які приходять, по байту порівнюються з базою даних, у випадку якщо виявлено схожість ми дізнаємось компанію якій належить прилад який прислав дані. В іншому випадку відображається повідомлення про відсутність в базі інформації про джерело отриманих даних. Проте проаналізувавши отриману інформацію можна визначити маркер шляхом виявлення однакових байт на рівній відстані.

Прилади надсилають пакети даних в різних форматах. Формат пакету даних це послідовність розташування певної інформації яка міститься в пакеті. Він описує послідовність розташування певної інформації, її розмір, та за що вона відповідає. Залежно від формату видачі прилад може надсилати як тільки значення кутів орієнтації так і повністю всі значення з інерціальних датчиків, та інших чутливих елементів що розміщені в приладі. Тому зазвичай пакети даних отриманих в різних форматах відрізняються за розміром.

Дізнавшись види форматів, які використовує прилад, та кількість байт в пакеті кожного формату, можемо визначити який прилад підключено (рисунок 2.8). Якщо розмір пакету відповідає декільком приладам, в такому випадку потрібен наступний етап розпізнавання.



Рисунок 2.7. Визначення маркерів пакетів даних

В пакетах разом з даними датчиків також приходить службова інформація, зазвичай в ній закладено тип формату, розмір пакету та інші дані, які необхідні розробникам. Службова інформація може мати різний розмір і розташовуватись де завгодно в пакеті (рисунок 2.9). Знаючи розмір, розташування та значення службової інформації в пакетах даних кожного формату, ми дізнаємось з якого приладу була отримана інформація (рисунок 2.10).

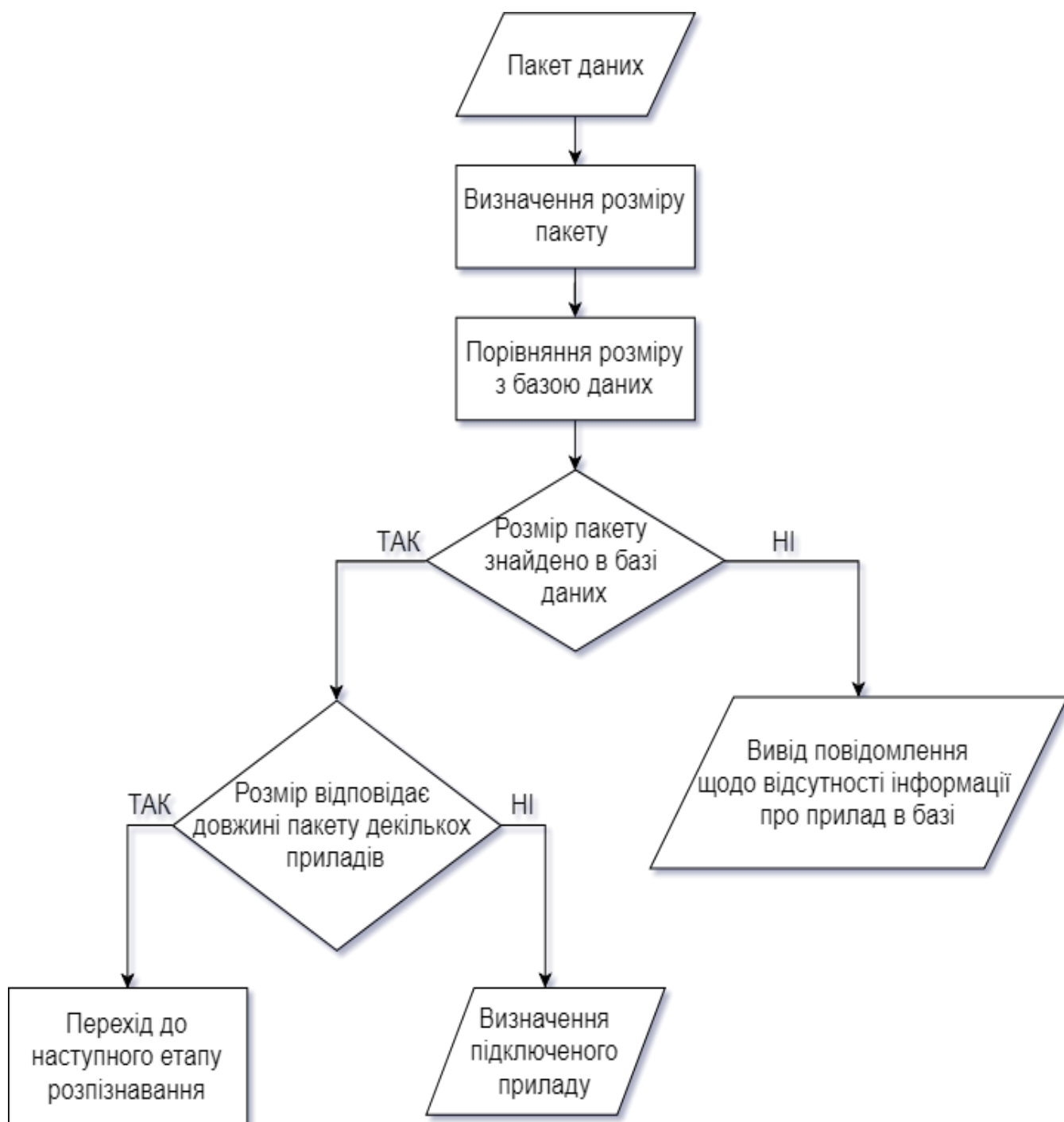


Рисунок 2.8. Розпізнавання підключеного приладу за розміром пакету

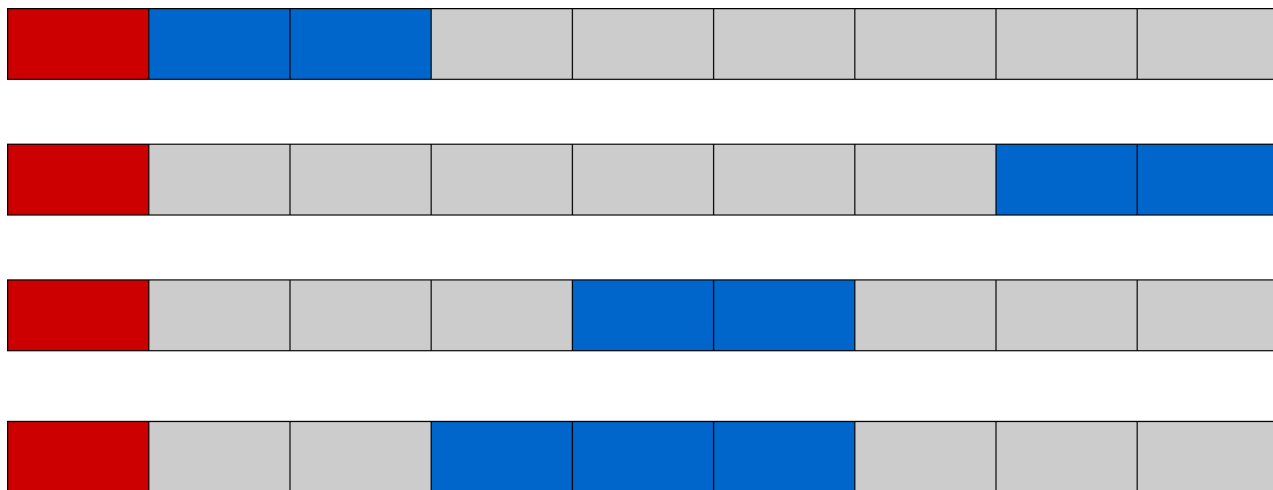


Рисунок 2.9. Розташування службової інформації в пакеті



Рисунок 2.10. Розпізнавання підключеного приладу за службовою інформацією

Після визначення з якого приладу було отримано дані, відповідно до формату інформація розділяється на елементи потім обробляється, тобто переводиться в потрібну систему числення та виводиться на дисплей (рисунок 2.11)



Рисунок 2.11. Обробка пакетів даних та візуалізація результатів

Розробивши кожен етап роботи алгоритму розпізнавання складемо повну блок-схему роботи створеного алгоритму (рисунок 2.12).

Наш алгоритм є свого роду поетапним парсингом даних що надсилаються приладом. Парсинг – це інструмент для роботи з даними типу string. Під парсингом, як правило, мають на увазі вибірковий витяг необхідної кількості інформації та її подальше використання [30].

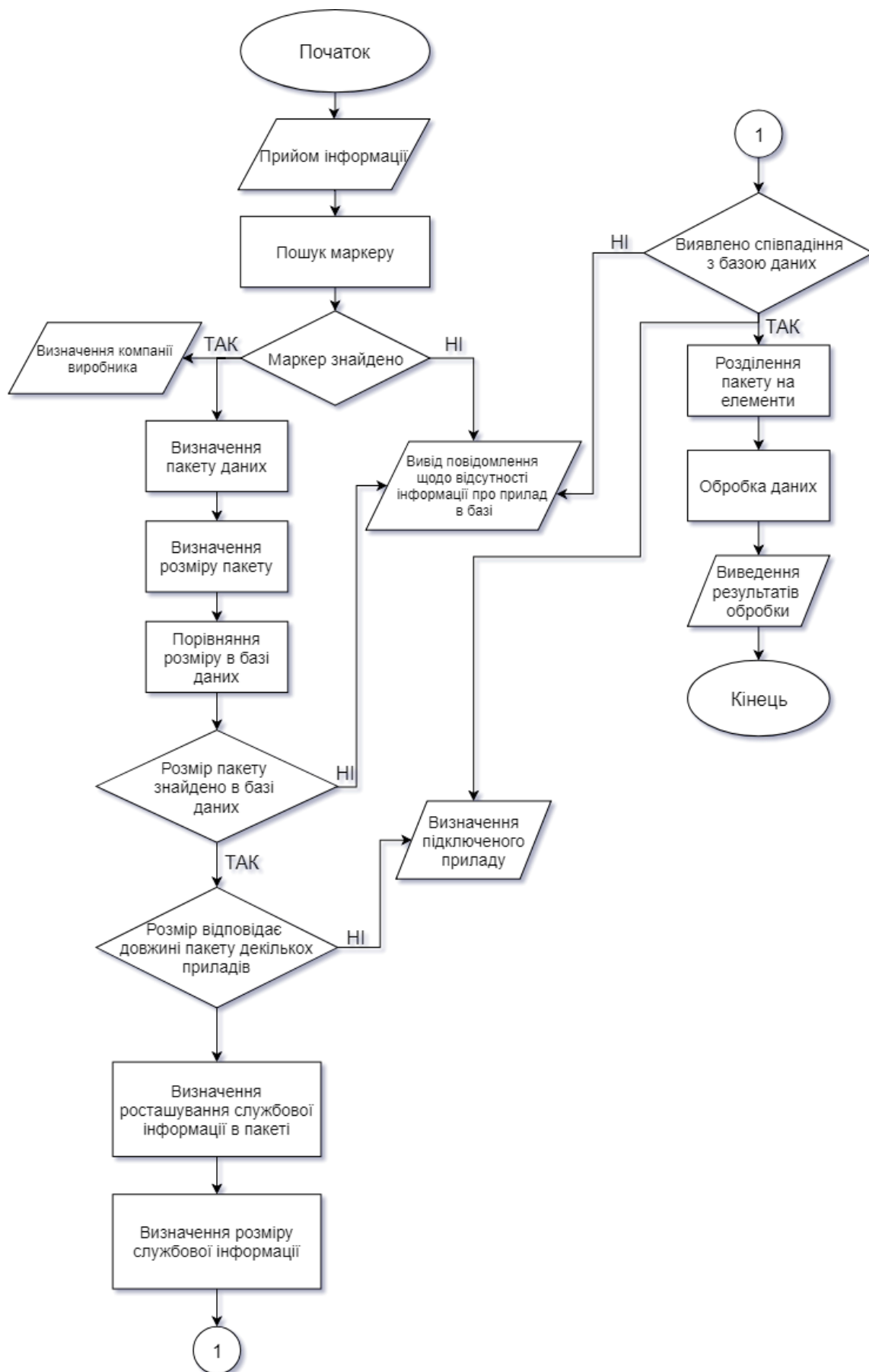


Рисунок 2.12. Повна схема роботи алгоритму

Теоретично визначення підключеного приладу за розробленим алгоритмом є можливим, проте для підтвердження працездатності розробленого алгоритму на практиці, потрібно створити програмне забезпечення та інтегрувати в нього наш алгоритм розпізнавання.

2.3. Висновок до розділу

В цьому розділі було розглянуто компанії що займаються розробками, виготовленням та тестуванням навігаційних систем. Ознайомились з продуктами компаній, переглянули технічні характеристики деяких приладів.

Порівнявши технічні специфікації приладів різних компаній було визначено маркери пакетів, службову інформацію, розмір форматів видачі даних, послідовність розташування в пакеті даних з датчиків, та на основі цієї інформації створено базу даних.

На основі відмінностей вихідних даних приладів різних виробників було розроблено алгоритм розпізнавання, побудовано блок схеми кожного етапу алгоритму та описано структуру його роботи.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСИТНА

Для з'єднання приладів по бездротовій мережі можна використовувати технології як персональних так і локальних мереж [31-32]. А саме, WiFi (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1) та ZigBee (IEEE 802.15.4). Вибір технології залежить від необхідної швидкості передачі даних, об'єму інформації та відстані між зв'язаними системами.

З вище зазначених, найбільшу швидкість передачі та відстань має технологія WiFi, але вона потребує відносно великих енергозатрат, тому це не дозволить використовувати її в автономному режимі. ZigBee найбільш енергоекономний інтерфейс але з найнижчою пропускну здатністю, якої не достатньо для передачі даних. Оптимальним рішенням для реалізації з'єднання є використання в нашому проекті технології Bluetooth, так як вона має достатню пропускну здатність та мале енергоспоживання.

Технологія Bluetooth поділяються на два класи: Class II і Class I. Перший дозволяє пов'язувати пристрої, відстань між якими не перевищує 10 метрів. При необхідності обміну інформацією на відстані в 100 метрів, використовують Class I [33].

Крім класів, в Bluetooth виділяють різні покоління чіпів Bluetooth: 1.1, 1.2, 2.0, 2.1, 3.0, 4.0, 4.1, 4.2, 5. Всі версії сумісні між собою, але відрізняються швидкістю передачі даних, енергоспоживанням, ступенем захищеності від перешкод.

Bluetooth 1.0 – Найперша версія Bluetooth-чіпів з великою кількістю багів. Пристрої версій 1.0 від різних виробників мали погану сумісність між собою. До того ж, необхідність обов'язкової відправки адреси BD_ADDR не давала можливості анонімного з'єднання.

Bluetooth 1.1 – В цій версії було виправлено велику кількість помилок. З нововведень варто відзначити індикацію рівня потужності сигналу та підтримку для нешифрованих каналів.

Bluetooth 1.2 – Чіпи даної версії стали швидше підключатися і виявляти навколишні пристрою. Вони почали перебудовувати частоти з розширеним спектром, за рахунок чого збільшилася стійкість до радіоперешкод, також підвищили швидкість передачі даних до 1 Мбіт/с. Разом з тим з'явилися розширені синхронні підключення, що поліпшило якість голосового зв'язку в аудіо потоки і забезпечили можливість повторної передачі пошкоджених пакетів. Була реалізована підтримка інтерфейсу UART і введений режим управління потоком інформації, а також режим повторного відправлення.

Bluetooth 2.0+EDR – В другій версії Bluetooth покращилась швидкість передачі даних до 3 Мбіт/с. Крім збільшеної швидкості Bluetooth 2.0 + EDR забезпечує додаткову смугу пропускання, що спрощує з'єднуватися з кількома пристроями і знижує споживання енергії за рахунок зменшення навантаження.

Bluetooth 2.1 – В версії 2.1 була добавлена можливість розширеного запиту характеристик пристрою, з'явилась енергозберігаюча функція Sniff Subrating, що збільшила час служби одного акумулятора в 10 разів. Також додана технологія Near Field Communication, яка надає захист зв'язку між пристроями, завдяки оновленню ключа шифрування без розриву з'єднання.

Bluetooth 2.1+EDR – Удосконалена версія Bluetooth 2.1 отримала технологією EDR. Від попередньої її відрізняє більш економічне енергоспоживання, поліпшений захист даних та підвищилась швидкість з'єднання.

Bluetooth 3.0+HS – В цій версії збільшилась до 24 Мбіт/с. швидкість передачі даних. Особливістю даного покоління Bluetooth є AMP (Alternate MAC / PHY), для якої передбачена технологія 802.11 як високошвидкісне сполучення. Модулі з новою специфікацією об'єднали в собі 2 радіосистеми, перша з яких забезпечує стандартну швидкість обміну інформацією на рівні 3 Мбіт/с. і відрізняється малим енергоспоживанням. Друга радіосистема, сумісна зі стандартом 802.11, здатна підтримувати передачу даних на швидкості 24 Мбіт/с., Що можна порівняти з можливостями Wi-Fi мереж. Вибір однієї з двох систем здійснюється автоматично в залежності від розміру файлу.

Bluetooth 4.0 – Четверте покоління включило в себе наступні протоколи: класичний Bluetooth, Bluetooth з малим енергоспоживанням (BLE), високошвидкісний Bluetooth, заснований на Wi-Fi. Bluetooth з малим енергоспоживанням орієнтований, в першу чергу, на використання невеликих електронних датчиків. Такі датчики сьогодні активно вбудовуються в різні мобільні пристрої. Вони здатні жити від однієї батареї протягом декількох років.

Bluetooth 4.1 – В модифікованій версії розробники зуміли реалізувати спільну роботу Bluetooth і стандарту мобільного зв'язку LTE. Специфікація захищена від взаємних перешкод завдяки координуванню передачі інформаційних пакетів.

Bluetooth 4.2 – У новій версії збільшено швидкість прийому-передачі даних. Поліпшення конфіденційності та безпеки. Реалізовано можливість Підключення до інтернету.

Bluetooth 5 – На сьогоднішній день є найновішою версією даної технології. В ній збільшилась швидкість обміну інформації до 50Мбіт/с, що майже в два рази швидше ніж в попередньої версії, збільшився радіус покриття до 200м, також підвищена потужність модуля, що дозволяє підключати декілька пристроїв одночасно. По при всі покращення, в цій версії міститься весь функціонал попередньої.

3.1. Створення системи для перевірки працездатності алгоритму розпізнавання навігаційних приладів

Для реалізації підключення приладів було розроблено канал бездротової передачі між приладом та ПК. Цей канал складається з двох частин.

Для першої частини каналу було використано модуль HC-05 зображений на рисунку 3.1., він працює по протоколу бездротового зв'язку Bluetooth 2.0+EDR. Цей модуль був обраний тому що він має достатню швидкість передачі даних (3 Мбіт/с), задовольняє наші потреби і відносно не дорого коштує. Для зручності роботи з модулем він був розпаяний на макетній платі рисунок 3.3.

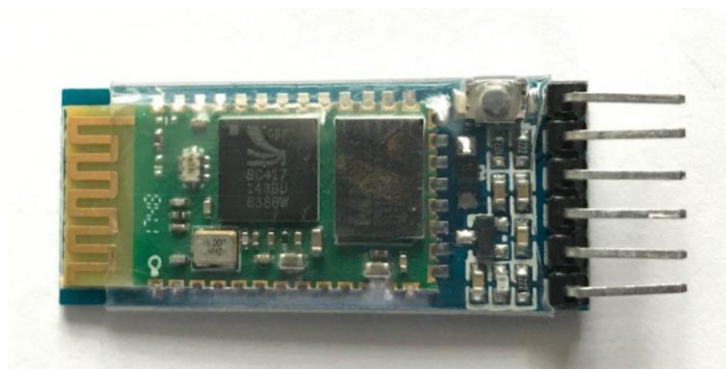


Рисунок 3.3. модуль HC-05 встановлений на макетну плату

Обмін інформацією між приладами реалізований шляхом послідовної передачі даних по стандарту RS-232 або EIA232. В даному випадку цей інтерфейс підключається через роз'єм DE-9.

Для підключення каналу передачі до модуля бездротового зв'язку було взято RS232-UART конвертер (рисунок 3.4.) він побудований на основі мікросхеми MAX3232, інтегральна схема такого типу конвертує сигнали послідовного порту RS232, в сигнали які на базі TTL технологій використовуються в цифрових схемах [34].

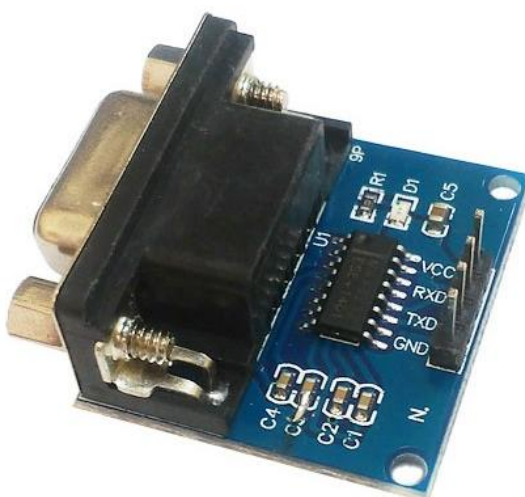


Рисунок 3.4. конвертер RS232-UART

За допомогою цього конвертера було під'єднано Bluetooth модуль, налаштований на роботу в режимі слідування (slave), ця частина каналу передачі зображена на рисунку 3.5.

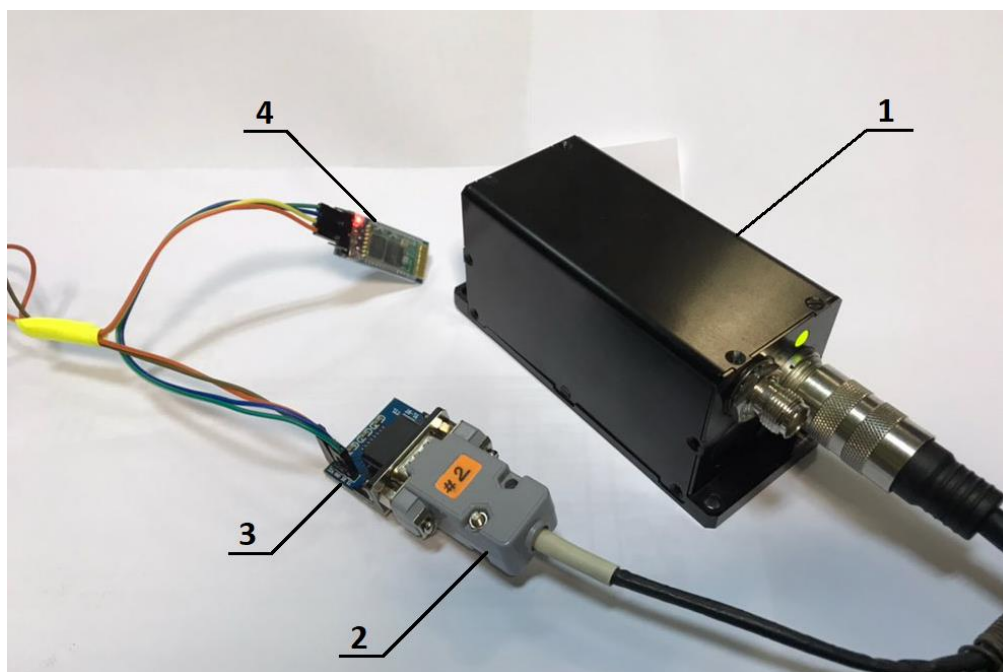


Рисунок 3.5. Підключення системи бездротової передачі даних
де: 1 – навігаційний прилад; 2 – роз'єм DE-9; 3 – конвертер RS232-UART;
4 – Bluetooth модуль HC-05.

Інша частина каналу (рисунок 3.6.) складається з такого ж модулю бездротової передачі HC-05 який працює в режимі керування (master), він підключений до комп'ютера за допомогою конвертера USB-TTL (рисунок 3.7.). Цей конвертер працює на основі мікросхеми PL2303HX яка є повним дуплексним асинхронним серійним пристроєм для будь-якого вузла з можливістю підключення до універсальної послідовної шини (USB).

Більшість навігаційних приладів, які зараз використовуються, мають відносно невелике енергоспоживання, тому є можливість підключення автономного джерела живлення, яке дозволить зробити їх повністю портативними, цим самим спростить процес підключення, встановлення приладів та комунікації з ними.

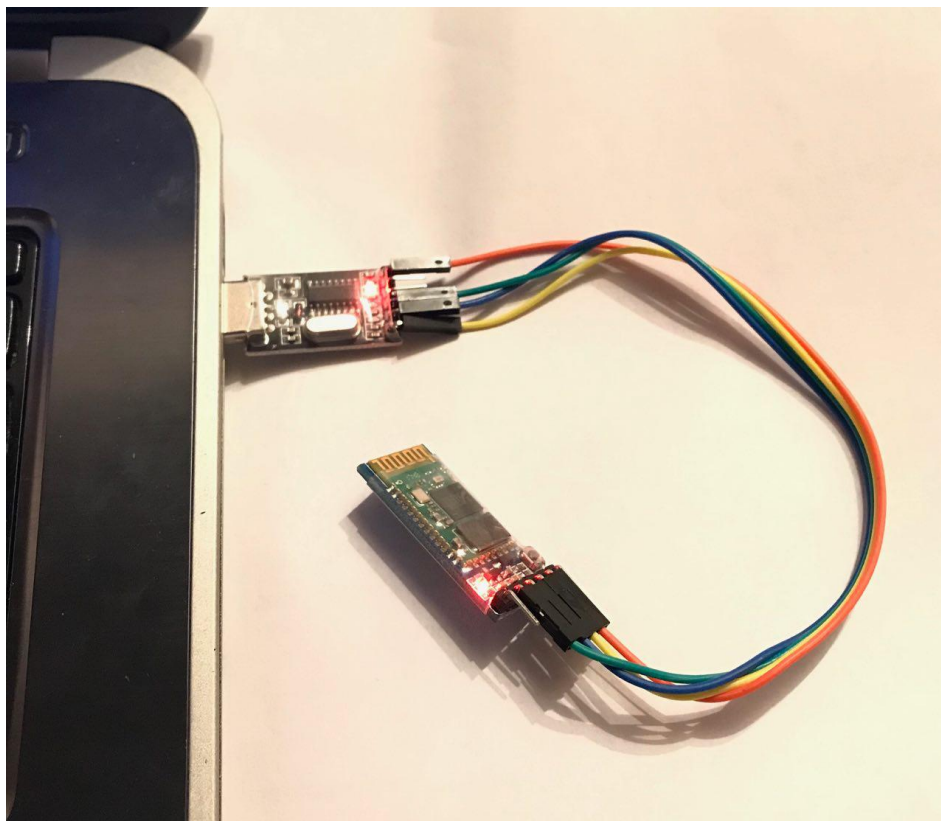


Рисунок 3.6. Підключення бездротового каналу зв'язку до ПК



Рисунок 3.7. USB-TTL конвертер

3.2. Створення програмного забезпечення для перевірки працездатності розробленого алгоритму розпізнавання навігаційних приладів

Для забезпечення роботи алгоритму було розроблено ПЗ на платформі графічного програмування LabVIEW фронтальна панель якої зображена на рисунку 3.7. Для роботи з зовнішніми приладами ми використовуємо архітектуру VISA. Ця архітектура є стандартом для систем налаштування, програмування та усунення неполадок. Працює з інтерфейсами GPIB, VXI, PXI, Serial, Ethernet та USB. VISA забезпечує інтерфейс програмування між апаратними засобами та середовищами розробки, такими як LabVIEW, LabWindows/CVI, Measurement Studio, та Microsoft Visual Studio. NI-VISA – це реалізація національних інструментів стандарту введення виводу VISA. NI-VISA включає бібліотеки програмного забезпечення, інтерактивні утиліти, такі як NI I/O Trace та VISA Interactive Control, а також програми конфігурування через Measurement & Automation Explorer для всіх ваших потреб у розвитку. NI-VISA є стандартною лінійкою продуктів National Instruments. Ця архітектура дозволяє розробляти програмне забезпечення яке буде постійно підтримуватись, так як апаратні засоби постійно вдосконалюються [35].

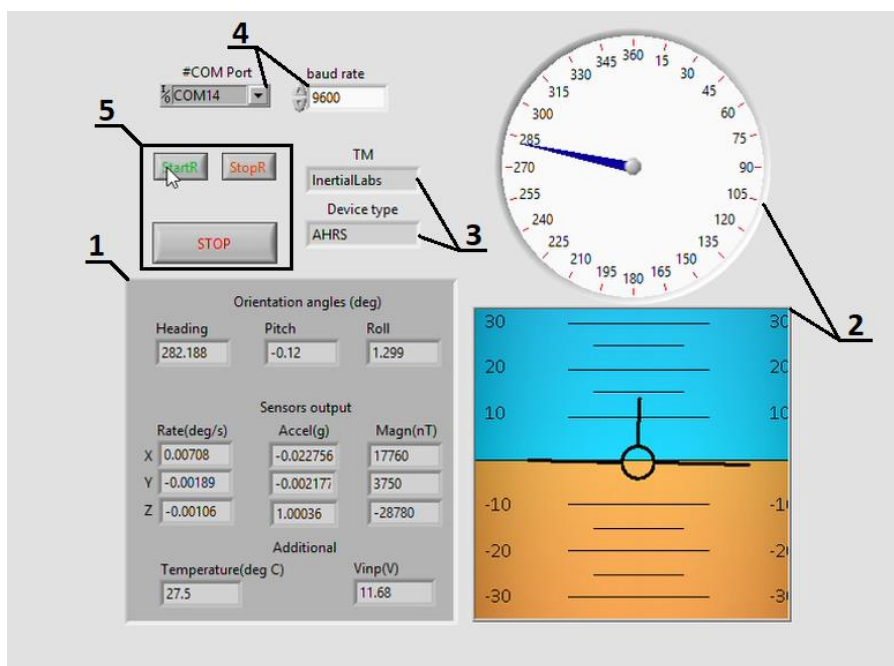


Рисунок 3.7. Фронтальна панель ВП

де: 1 – Блок індикаторів вихідних даних з приладу; 2 – Датчики кутів орієнтації; 3 – Індикатори які відображають компанію виробника та тип приладу; 4 – Панель вибору номера порту до якого підключений спарений модуль бездротової передачі та швидкості передачі даних (Бод); 5 – Кнопки керування програмою.

На рисунку А.1, додатку А зображено блок-схему програми. На рисунку 3.8. показана частина блок-схеми розробленого ПЗ яка відповідає за конфігурацію та вичитку даних з приладу. В першу чергу для роботи з зовнішніми пристроями потрібно вибрати та налаштувати COM порт до якого вони підключаються. За це відповідає блок VISA Configure Serial Port (рисунок 3.9), який дозволяє налаштувати всі необхідні параметри для конфігурації порту. Для конфігурації в нашому випадку достатньо змінювати тільки baud rate та номер COM порту, решту налаштування лишаються за замовчуванням.

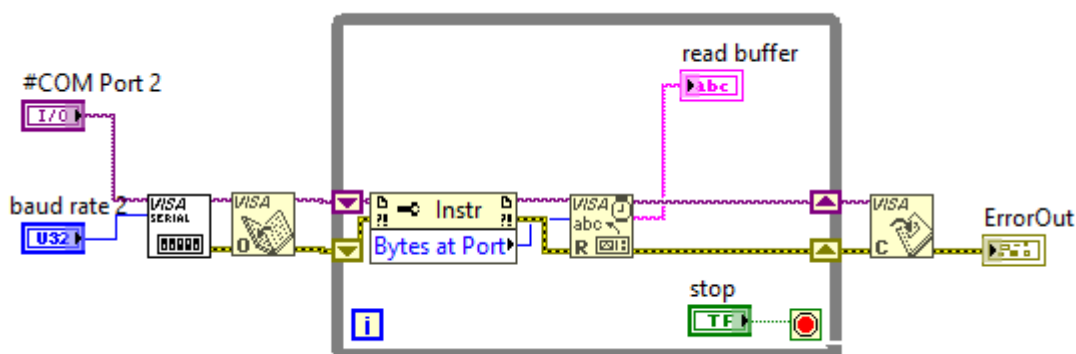


Рисунок 3.8. Спрощена блок-схема ПЗ

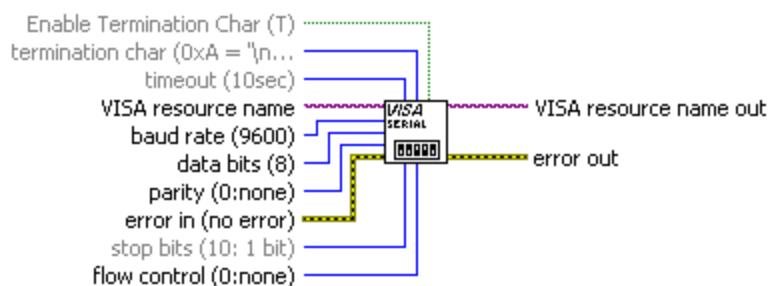


Рисунок 3.9. блок VISA Configure Serial Port

Наступним блок в кодї йде функція VISA open рисунок 3.10. яка відповідно до назви відкриває сеанс пристрою і повертає ідентифікатор сеансу, який може використовуватися для виклику будь-яких інших операцій цього пристрою.

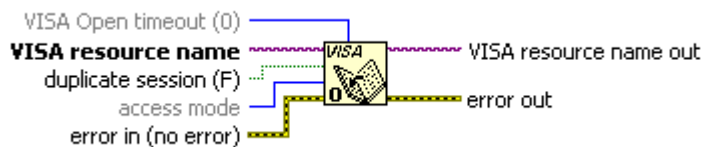


Рисунок 3.10. Блок функції VISA open

Блок Property Node рисунок 3.11. йде наступним, цей блок має багато налаштування для індикації та керування каналом. В нашому випадку налаштуємо його на автоматичне виявлення присланих байт, так як ця інформація буде нам потрібна далі.

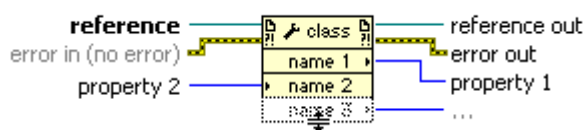


Рисунок 3.11. Блок Property Node

Функція VISA Read рисунок 3.11. йде наступною, вона читає зазначену кількість байтів з пристрою або інтерфейсу і відправляє дані в буфер читання.



Рисунок 3.11. Функція VISA Read

Останнім блоком цієї блок-схеми йде функція VISA Close вона по завершенню циклу закриває сеанс пристрою та виводить інформацію про можливі помилки в кодї.

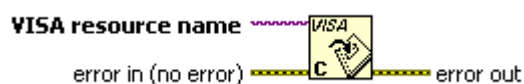


Рисунок 3.12. Функція VISA Close

Наступна частина програми (рисунок 3.12) відповідає за визначення маркера пакету даних. Використовуючи функцію String Subset Function (рисунок 3.13) ми послідовно беремо по 2 байти отриманих даних з буферу та порівнюємо їх з відомими нам маркерами. Коли один із маркерів співпадає виконується умова true в середній case структурі після чого зовнішній case переходить на наступну ітерацію та передає інформацію до наступної частини коду. У випадку якщо маркер не знайдено на фронтальній панелі ПЗ виводиться повідомлення що прилад не знайдено.

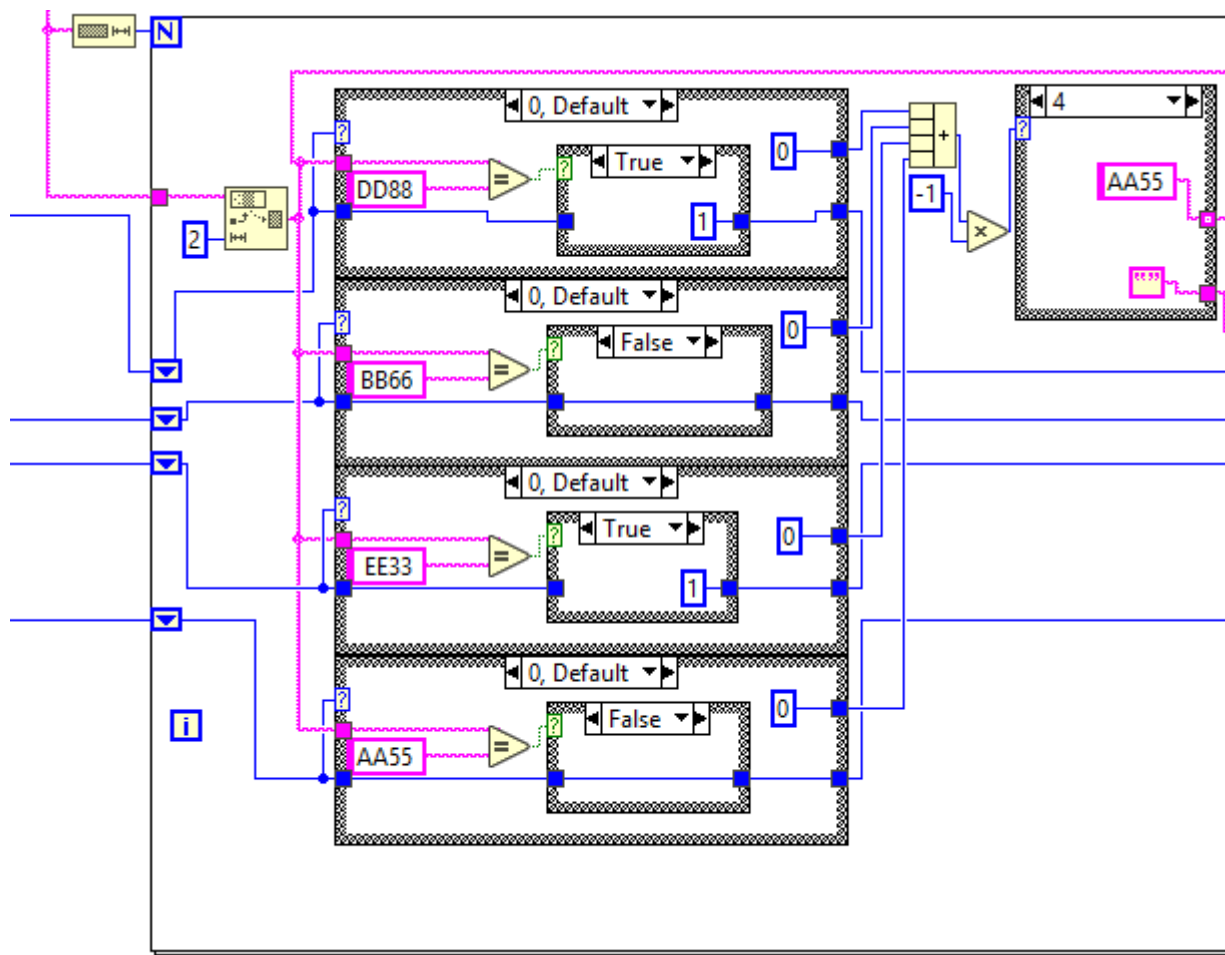


Рисунок 3.12. Частина коду що відповідає за визначення маркеру пакетів

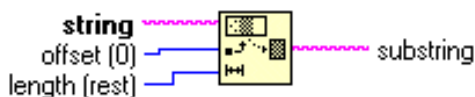


Рисунок 3.13. Функція String Subset

На рисунку 3.14 зображено частину блок-схеми яка відповідає за розподіл даних по пакетах. За допомогою функції Match Pattern (рисунку 3.15) відбувається виділення діапазону даних між двома маркерами, тобто відокремлення пакету даних від всього масиву. Для цього використовується дві такі функції, на виході першої ми залишаємо дані після маркера а на виході другої вже беремо дані що перед ним. Ця функція дозволяє шукати регулярні вирази в рядку, починаючи з зміщення. Якщо функція знаходить відповідність, вона розбиває рядок на три підряди.

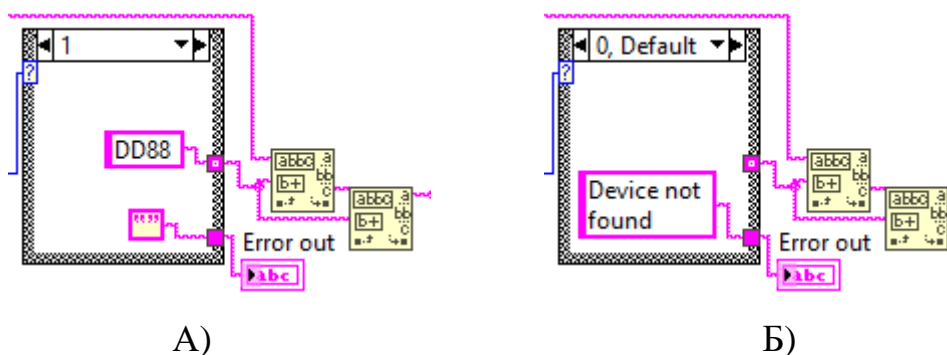


Рисунок 3.14. Частина коду в якій відбувається розділ отриманих даних по пакетах:
 А) Випадок коли маркер пакету знайдено; Б) В базі даних не знайдено маркеру тому на дисплей виводиться повідомлення “Device not found”

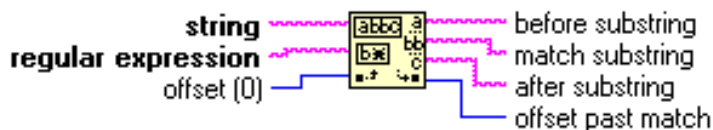


Рисунок 3.15. Функція Match Pattern

Таким чином, маючи відокремлений пакет даних на наступному етапі ми визначаємо його довжину. Довжина пакету визначається за допомогою функції String Length (рисунку 3.16) яка повертає кількість символів (байт) в рядку. Знаючи маркер та довжину пакету даних ми можемо дізнатись з якого приладу отримано інформацію.

Але є можливість що в деяких приладів можуть співпадати формати видачі даних і довжина отриманих пакетів буде однаковою. Тому відбувається перевірка службової інформації (рисунок 3.17).



Рисунок 3.16. Функції String Length

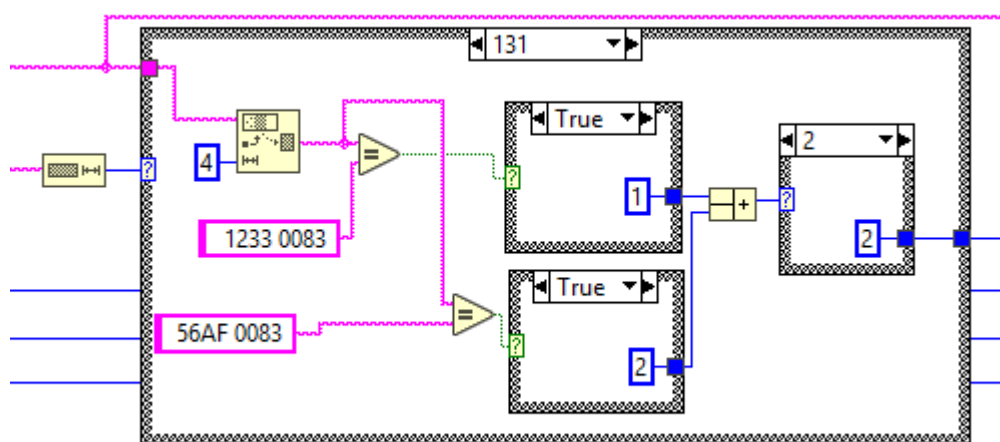


Рисунок 3.17. Перевірка службової інформації в пакеті

Після виконання останнього етапу перевірки ми точно знаємо якому приладу належить отриманий пакет даних. Тепер проводимо обробку даних та виводимо результати на дисплей (рисунок 3.18). Структура case перемикається на потрібну ітерацію, в ній проводиться обробка даних, для відповідного приладу. Обробка даних реалізована в блоках підпрограм (рисунок 3.19) і працює наступним чином. З отриманого пакету за допомогою функції String Subset відокремлюємо необхідну кількість байт, потім вибрану кількість байт за допомогою функції Type Cast (рисунок 3.20.) конвертуємо з типу даних string в цілочисельний. Так як прилади видають бінарні дані то вихідні сигнали чутливих елементів домножають на певний коефіцієнт, для переведення в цілочисельний тип даних. Тому після конвертації

вихідні дані розділяємо на цей коефіцієнт, та виводимо результати обрахунків на дисплей.

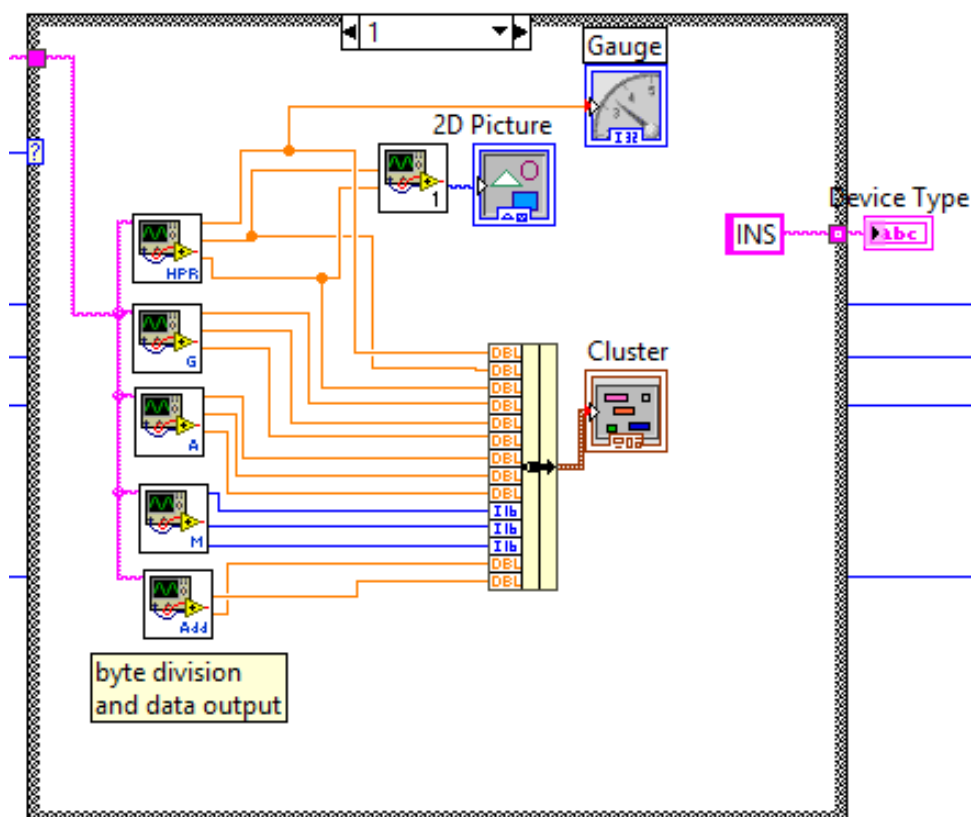


Рисунок 3.18. Частина блок-схеми що відповідає за визначення довжини пакету, обробку та виведення даних на дисплей.

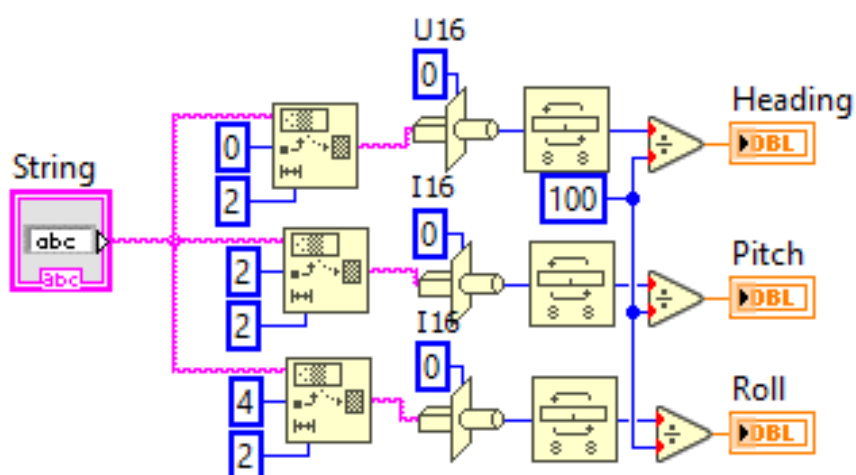


Рисунок 3.19. Підпрограма обробки даних кутів орієнтації

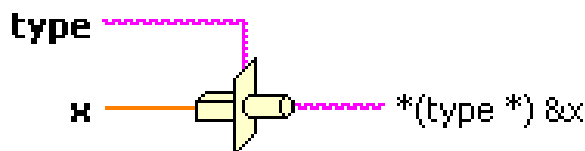


Рисунок 3.20. Функція Type Cast

Таким чином розроблене ПЗ демонструє роботу алгоритму в блоках середовища графічного програмування LabVIEW. Та завдяки зручним індикаторам на фронтальній панелі відображені всі необхідні дані з датчиків та додаткова інформація про прилади.

3.3. Перевірка працездатності алгоритму розпізнавання

Для того щоб перевірити працездатність каналу бездротової передачі, коректність роботи алгоритму та програмного забезпечення було розроблено методику досліджень яка складається з двох частин, до першої частини відноситься перевірка працездатності каналу передачі даних, а до другої перевірка роботи програмного забезпечення.

3.3.1. Перевірка працездатності бездротового каналу зв'язку

Для перевірки працездатності каналу бездротової передачі, до комп'ютера були підключені Bluetooth модулі за допомогою USB-TTL конвертерів (рисунок 3.19). Підтвердженням того що модулі встановили зв'язок є ввімкнення на них червоних світлодіодів.

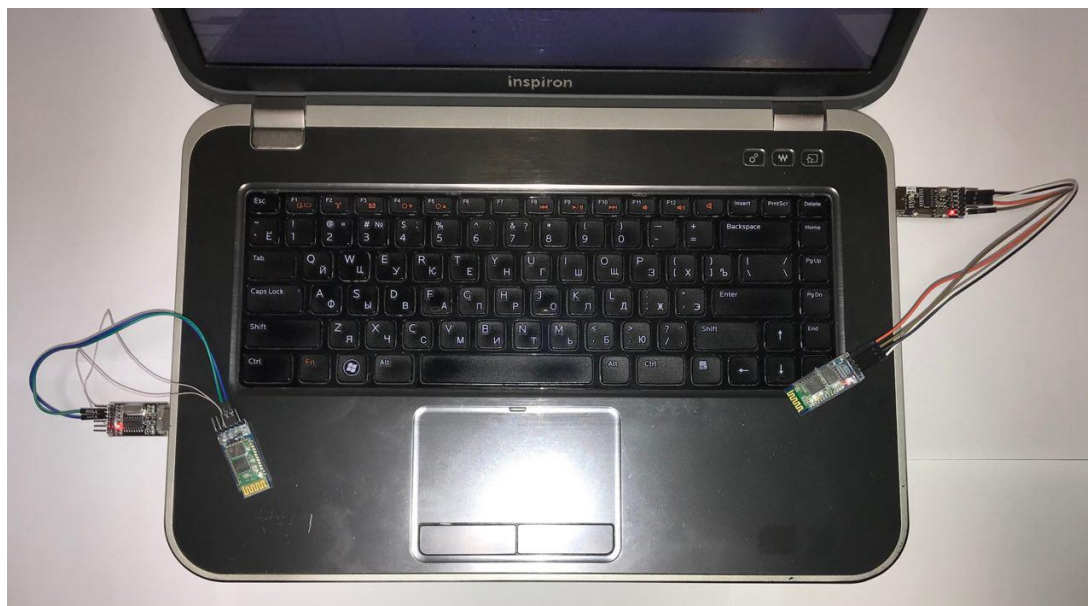


Рисунок 3.19. Підключення каналу бездротової передачі

В програмі Arduino було відкрито два вікна COM портів, у одному вибраний порт до якого підключений перший модуль, а в іншому, порт другого модуля.

Для перевірки з'єднання обираємо швидкість передачі на яку налаштовані модулі, та надсилалась інформація з одного модуля на інший. (рисунок 3.20).

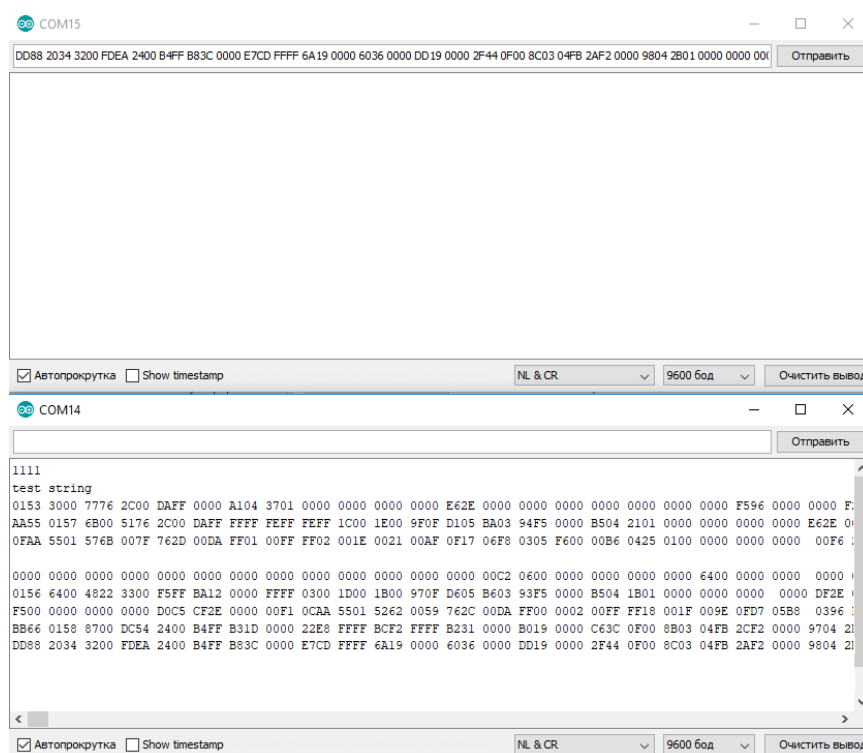


Рисунок 3.20. Перевірка каналу передачі даних

Видно що відправлені дані з модуля який підключений до 15 COM порту відображаються у вікні 14 порту. Це означає що канал передачі налаштований і готовий до роботи.

Перевіримо працездатність каналу передачі з навігаційним приладом. Для експерименту було взято прилад INS компанії Inertial Labs. Для під'єднаного до ПК модуля, в програмі COM Port Toolkit, відкрито вікно порту для відображення отриманих даних (рисунок 3.21.).

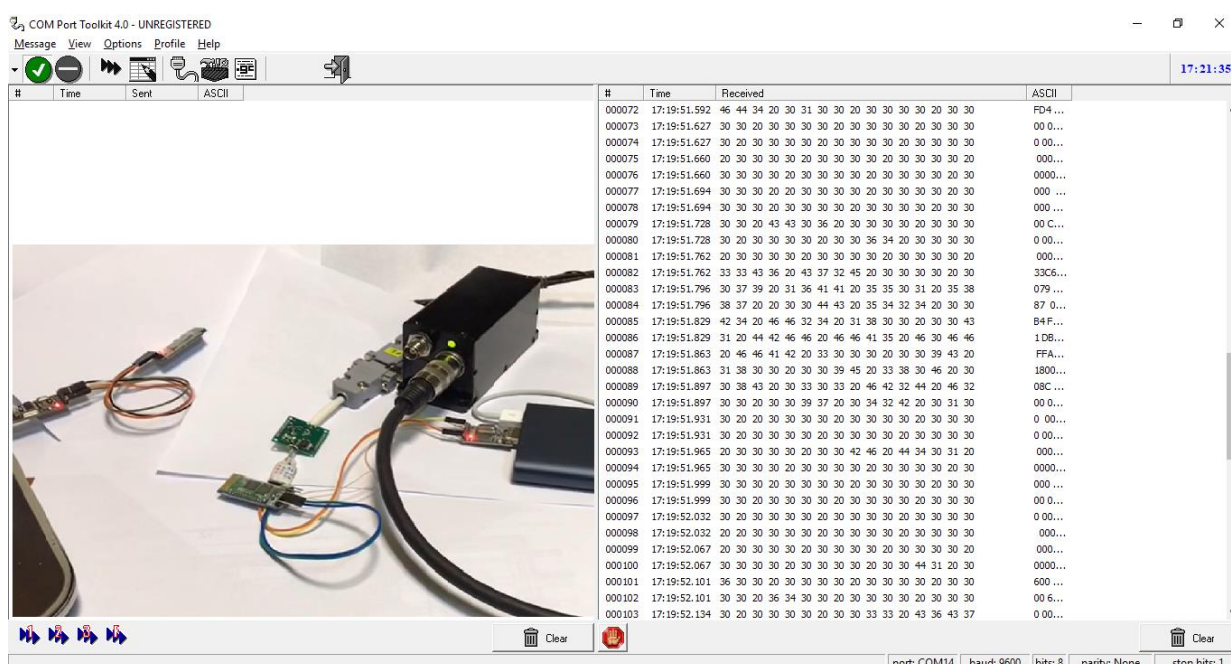


Рисунок 3.21. Перевірка каналу передачі даних з підключеним приладом

На кожній ітерації проводиться порівняння отриманого пакету з еталонним, порівняння показує безпомилкове отримання пакету через бездротовий канал. Це свідчить про те що каналу бездротової передачі виконує поставлені задачі.

3.3.2. Перевірка роботи програмного забезпечення

Першим етапом тестування програмного забезпечення буде перевірка коректності роботи алгоритму розпізнавання. Для цього дослід було взято два

прилади компанії Inertial Labs, та вибірку даних приладів інших компаній. Цей дослід проводиться за наступною методикою:

1. Встановити бездротовий зв'язок
2. Запустити ПЗ LabVIEW
3. Обрати COM порт та baud rate
4. Натиснути кнопку StartR
5. Впевнитись що: а) у вікні ТМ відображається та компанія яка виготовляє цей прилад; б) у вікні Device type відображається тип приладу який підключено.
6. У випадку підключення приладу якого немає в базі у вікні ТМ з'явиться повідомлення Device not found.

Перевірка алгоритму розпізнавання показав хороші результати, у випадках як і з приладами так і з даними (рисунок 3.22 – рисунок 3.26), програма розпізнала джерело отриманої інформації. У випадку з відправкою програмі невідомих даних ми отримали повідомлення про те що прилад не знайдено в базі (рисунок 3.27).

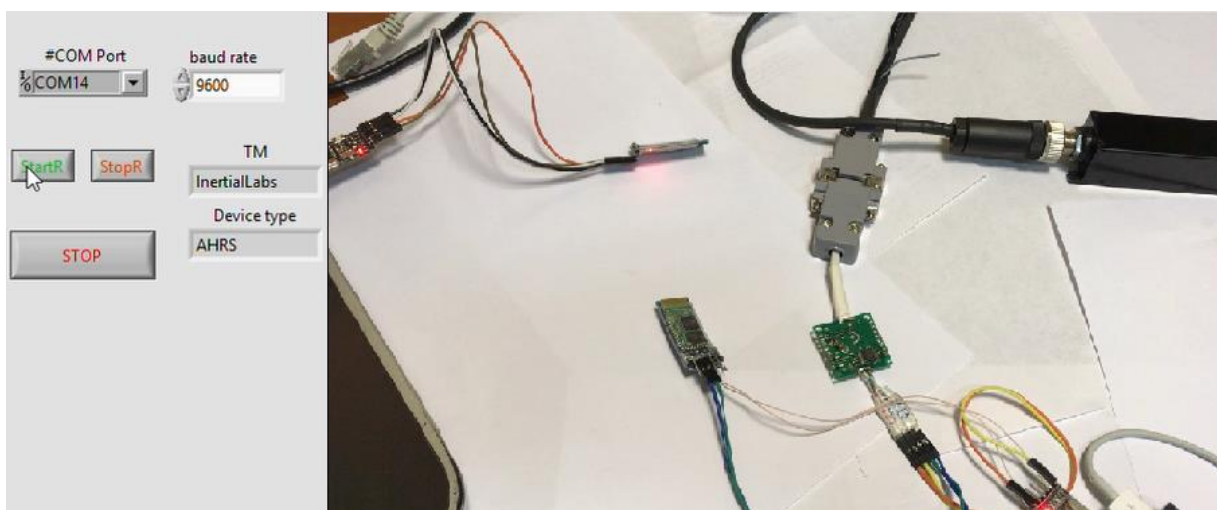


Рисунок 3.22. Підключення AHRS до бездротового каналу

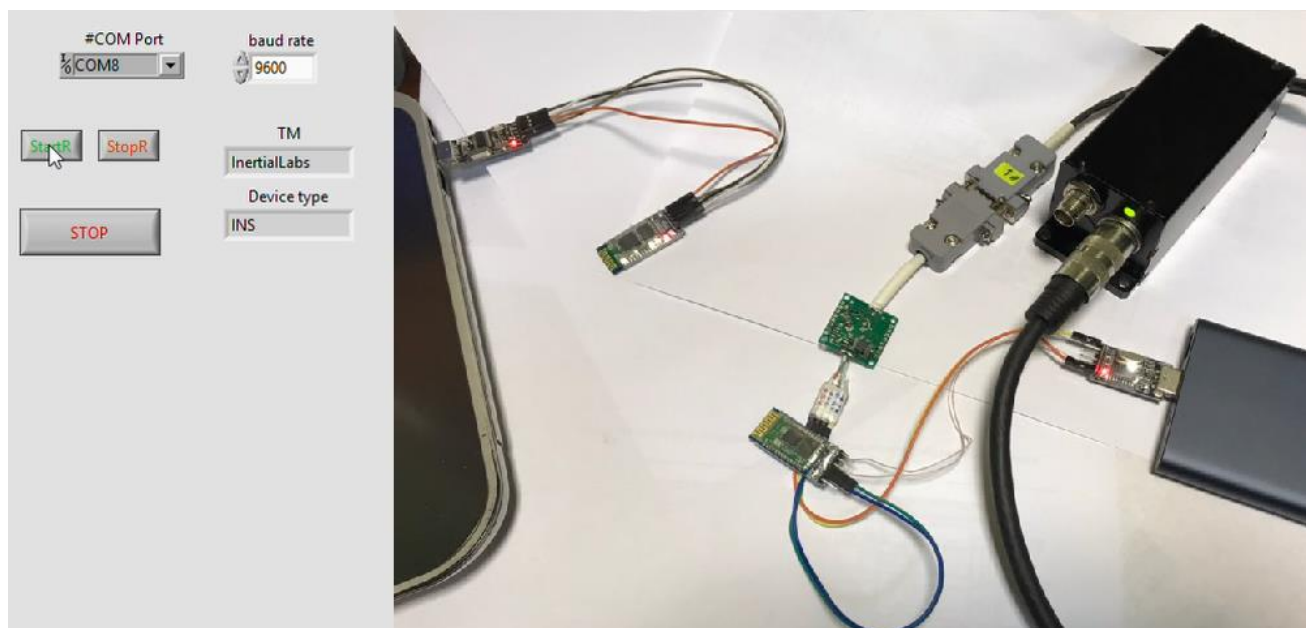


Рисунок 3.23. Підключення INS до бездротового каналу

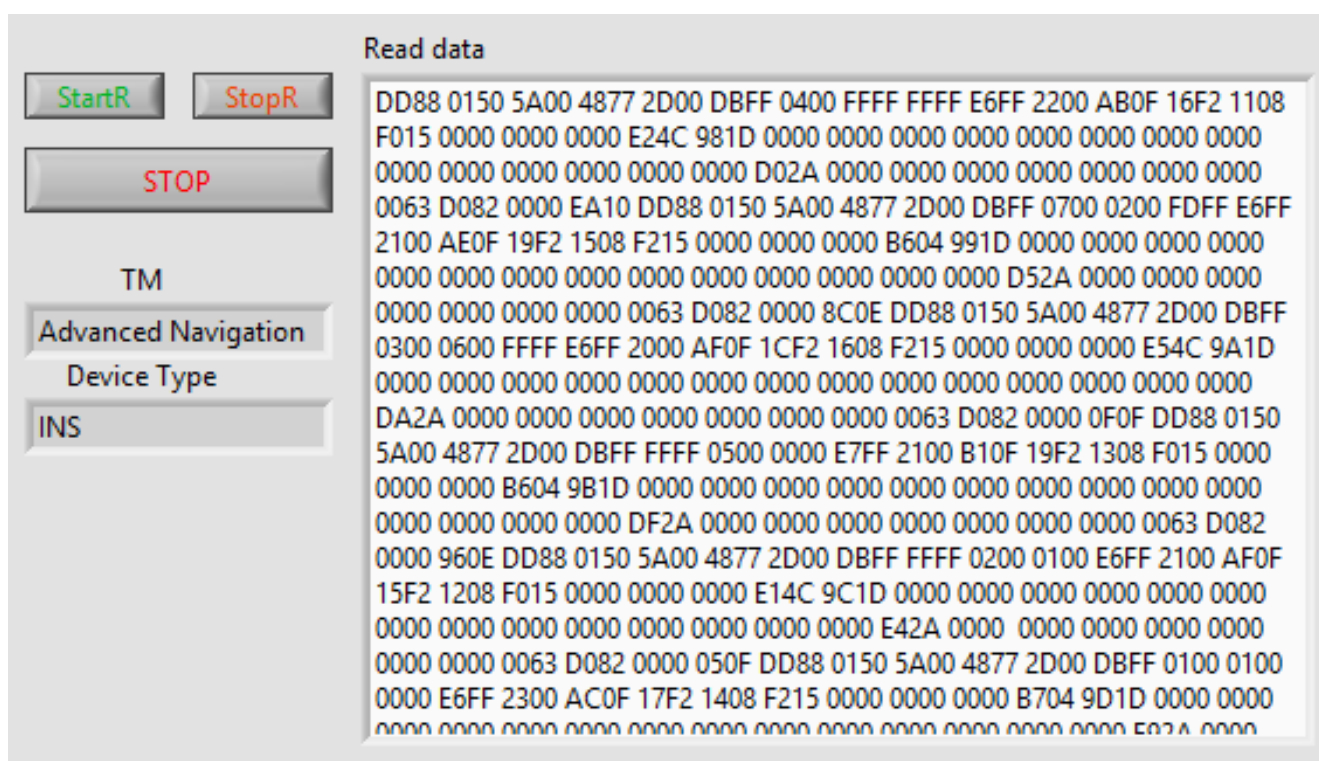


Рисунок 3.24. Відправка на вхід програми вибірки даних з приладу компанії Advanced Navigation

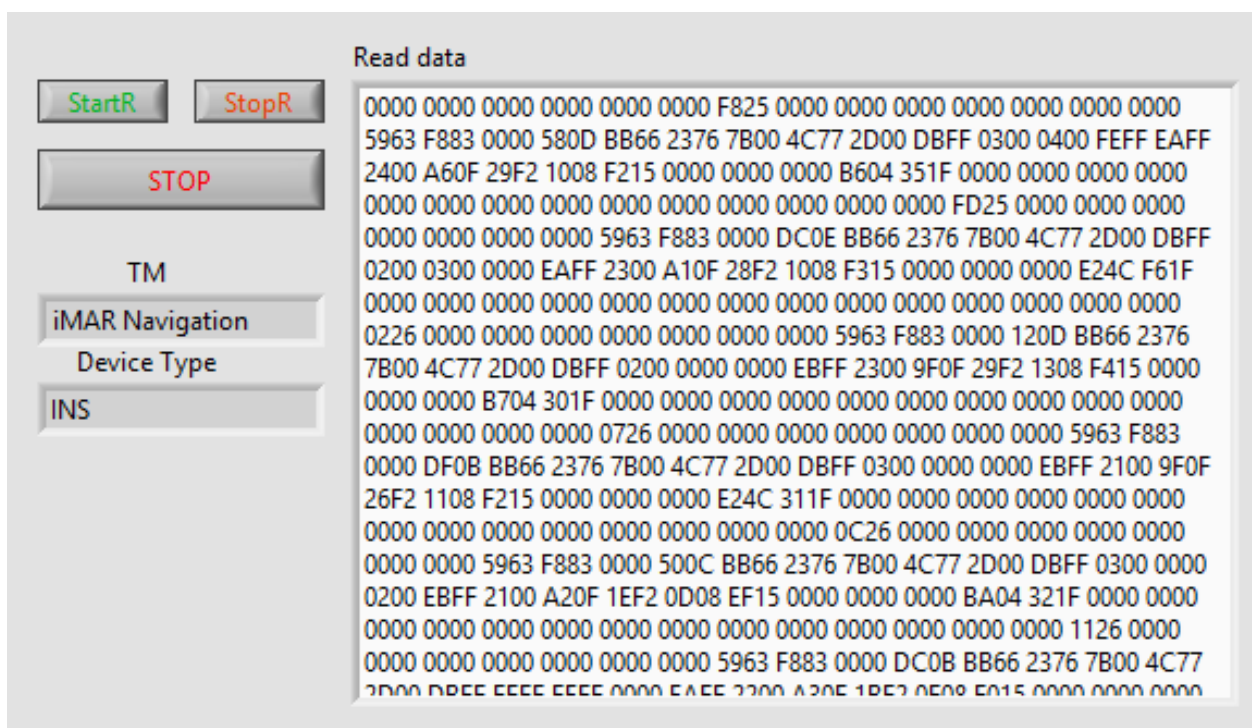


Рисунок 3.25. Відправка на вхід програми вибірки даних з приладу компанії iMAR Navigation

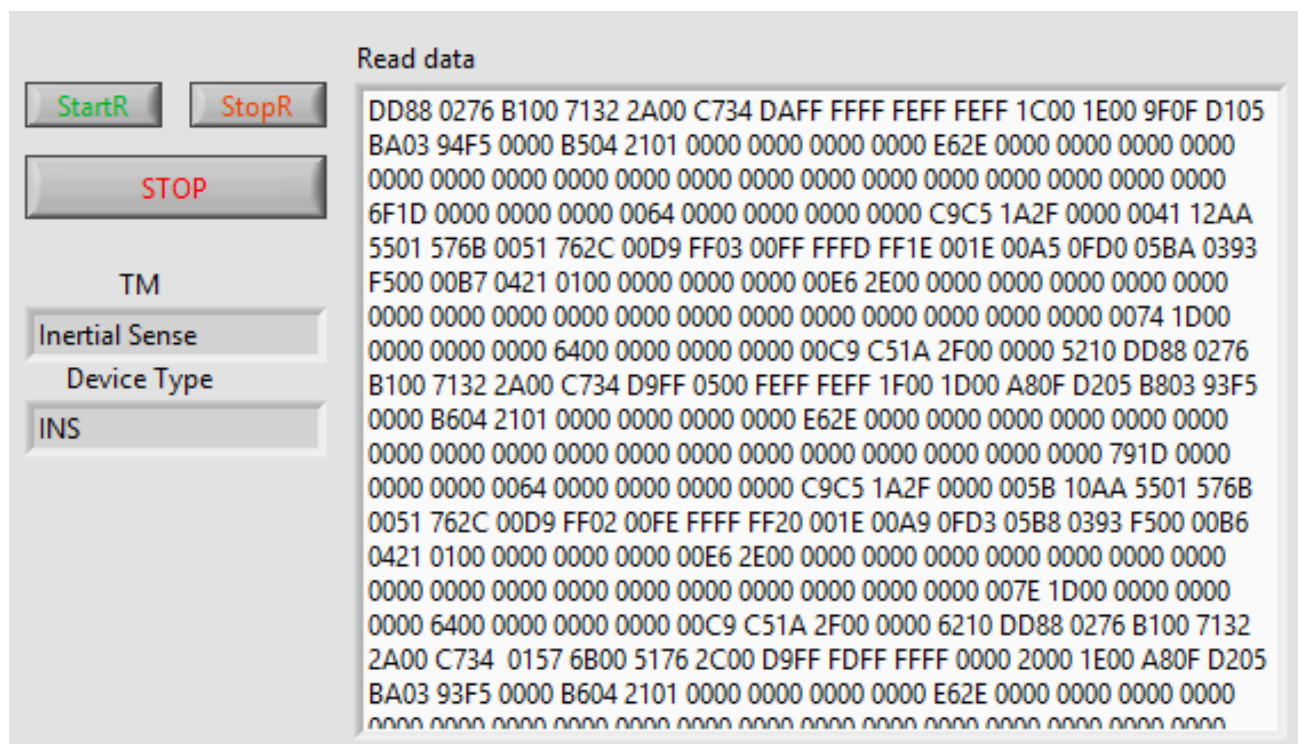


Рисунок 3.26. Відправка на вхід програми вибірки даних з приладу компанії Inertial Sense

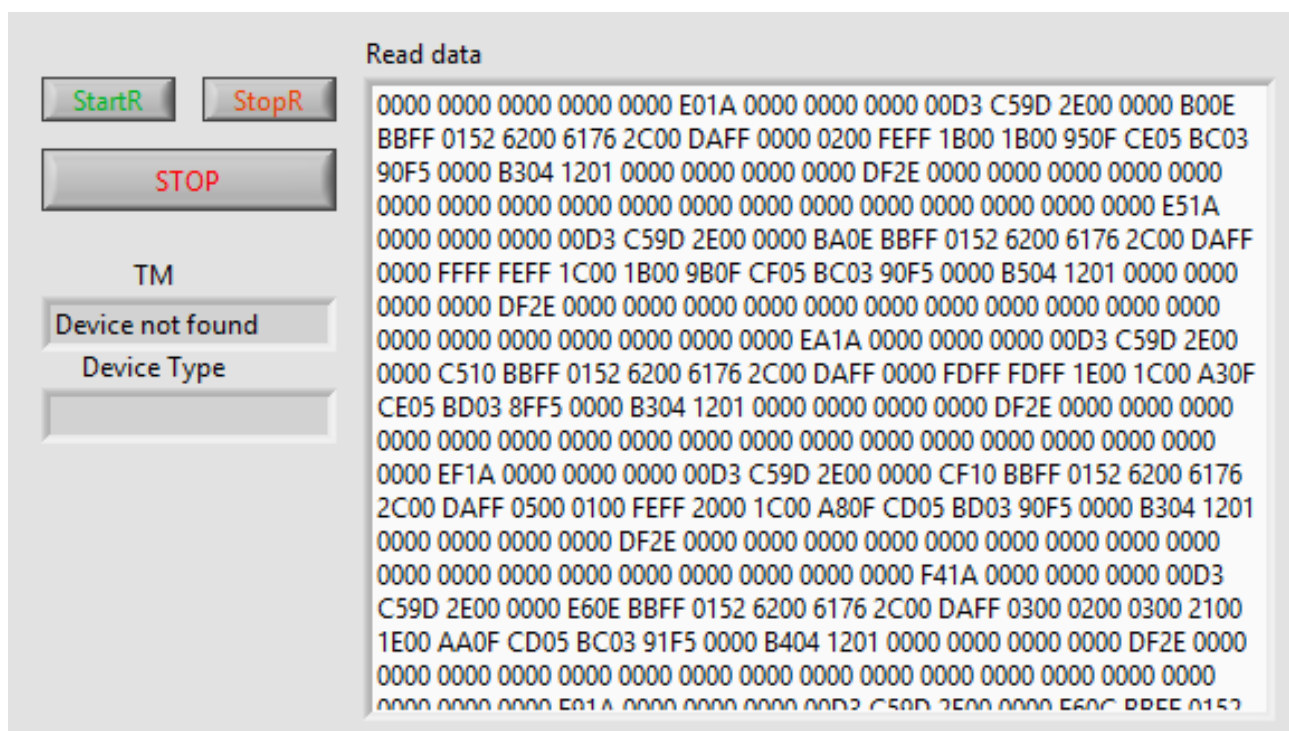


Рисунок 3.27. Відправка на вхід вручну згенеровану вибірку даних

Проведемо перевірку коректності обробки даних, та виводу результатів на дисплей. Для цього дослід було використано раніше зазначені прилади компанії Inertial Labs. Для проведення дослідження повторимо пп 1-4 попередньої методики та проведено ряд тестів (рисунок 3.28 – рисунок 3.29). Підключені прилади повертатимемо навколо кожної з осей спочатку за часовою стрілкою, потім проти, та слідкуватимемо як змінюватимуться дані на екрані. Провівши дослідження з двома приладами було визначено що по курсу значення змінювались від 0 до 360 градусів, по крену від -180 до 180 градусів а по тангажу від -90 до 90. При повороті навколо осі чутливості за часовою стрілкою значення збільшувались, а коли обертали проти часової стрілки дані зменшувались, це свідчить про те що система працює правильно. Проте для більш детальної перевірки точності передачі та відображення даних з приладу виконаємо ще одне дослідження.

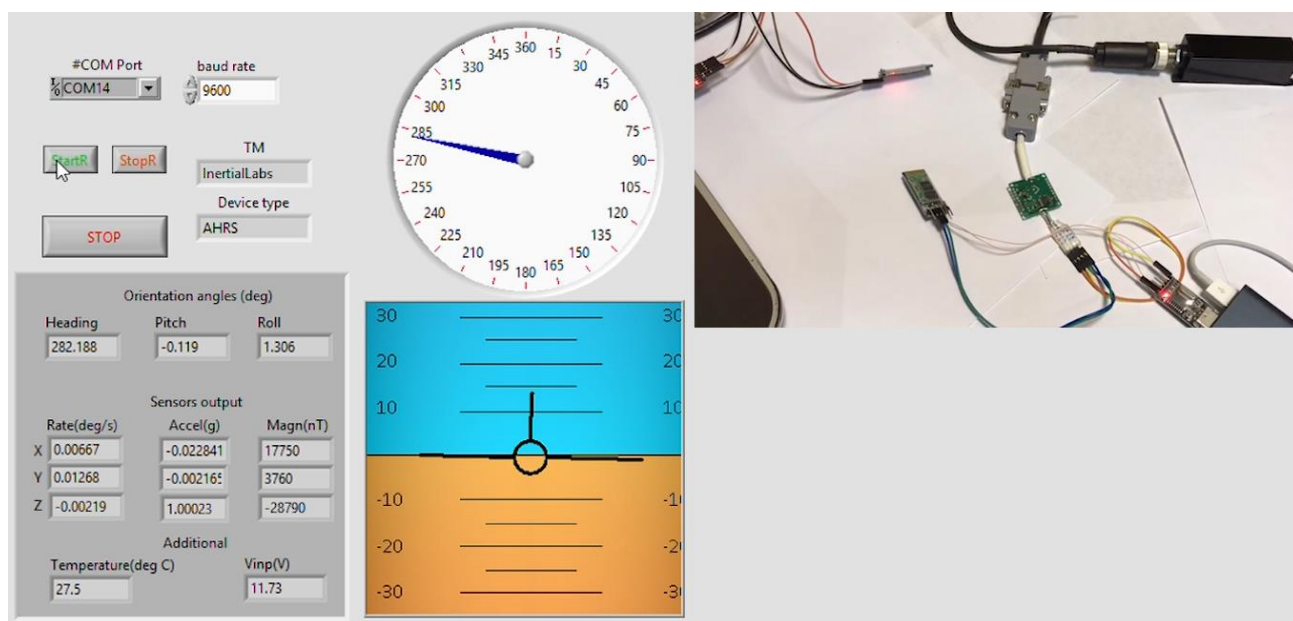


Рисунок 3.28. Пуски AHRS

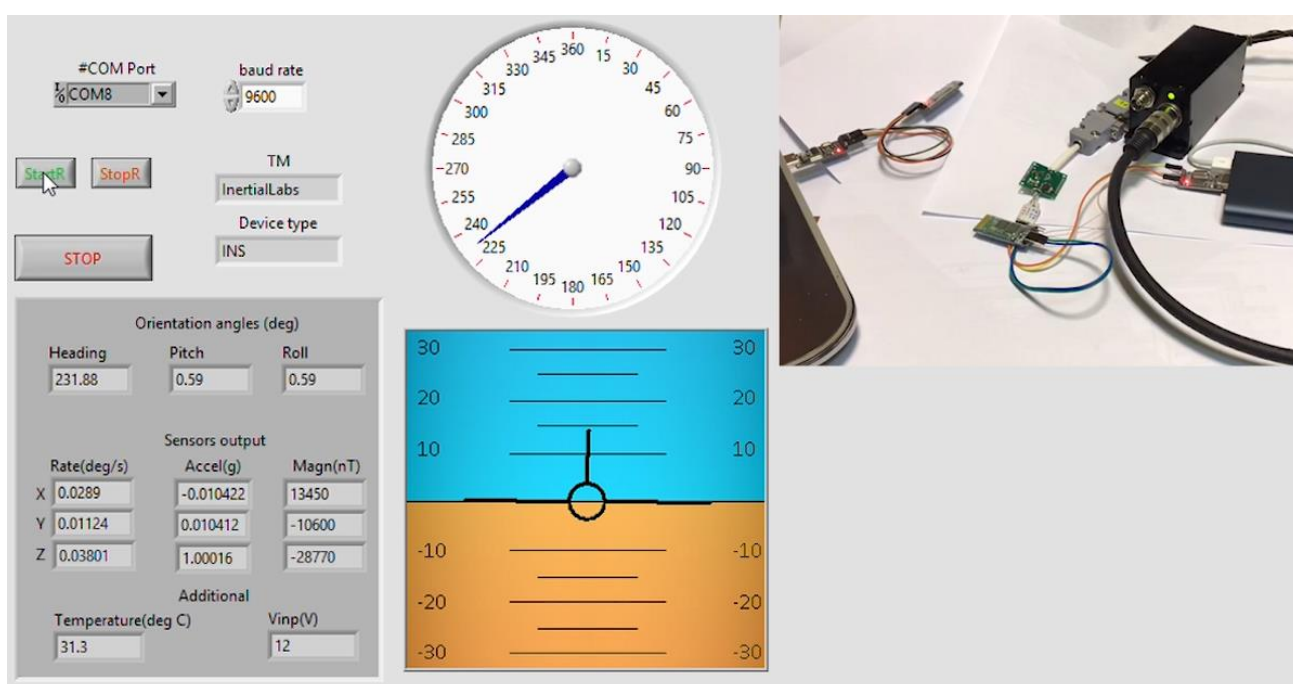


Рисунок 3.29. Пуски INS

Проведено запис даних з приладу INS компанії Inertial Labs, в статичному режимі та в динамічному, збережено вибірку даних. Для перевірки коректності отримання інформації через бездротовий канал, вибірку було оброблено ПЗ компанії Inertial Labs, так як ця програма розроблена компанією що виробляє ці прилади то будемо вважати результати такої обробки еталонними. Цю вибірку даних повторно

оброблено ПЗ створеним в середовищі LabVIEW. На рисунок 3.30. – рисунок 3.33 зображено графіки значень кутів орієнтації приладу оброблені в двох програмах. З результатів видно що дані ідентичні як в статичному режимі та і к динаміці, це свідчить про те, що бездротовий канал зв'язку передає необхідну інформацію а ПЗ правильно її обробляє.

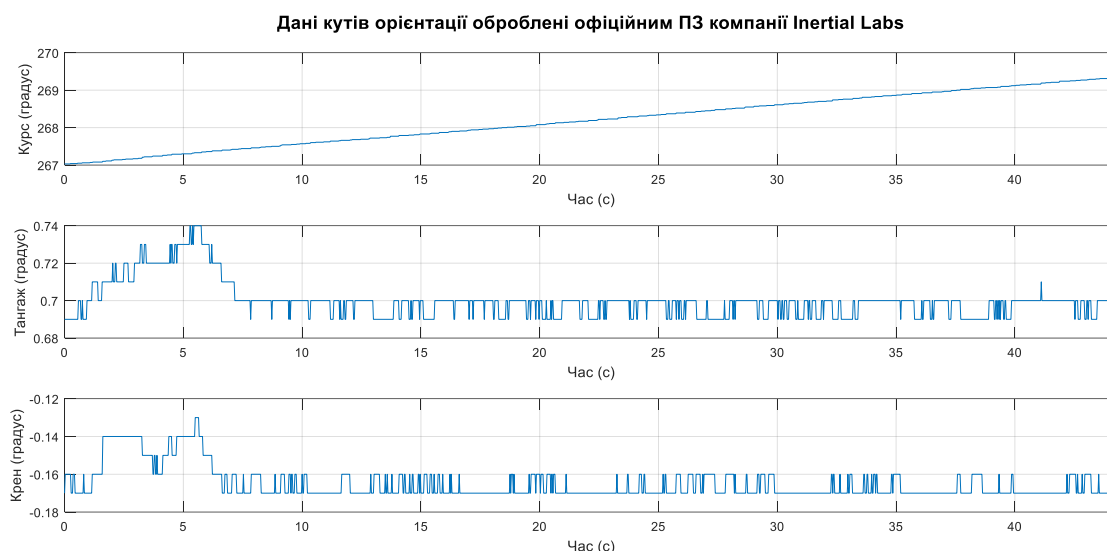


Рисунок 3.30. Результати обробки даних з приладу програмою компанії Inertial Labs

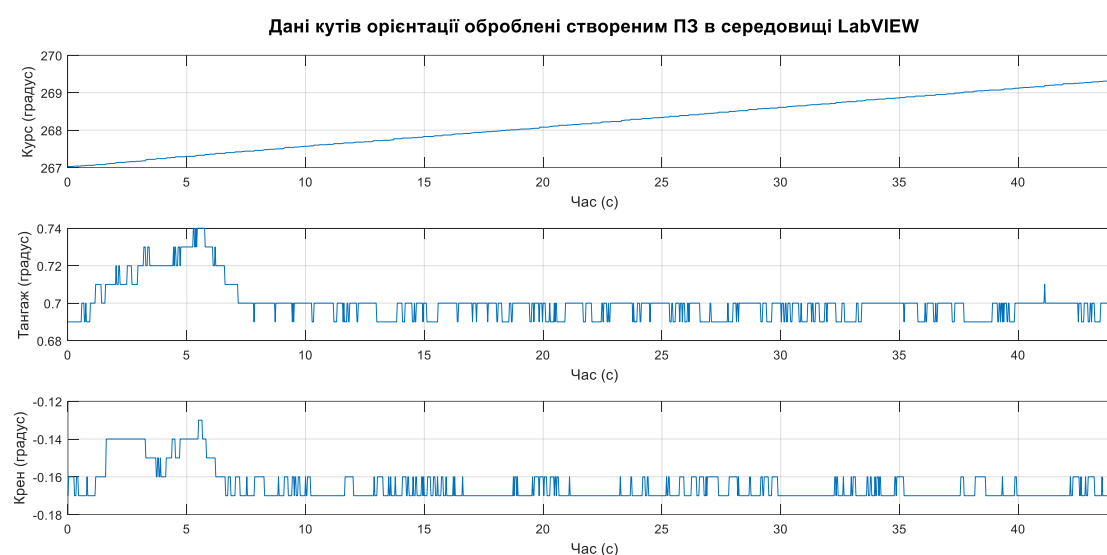


Рисунок 3.31. Результати обробки даних з приладу програмою створеною в LabVIEW

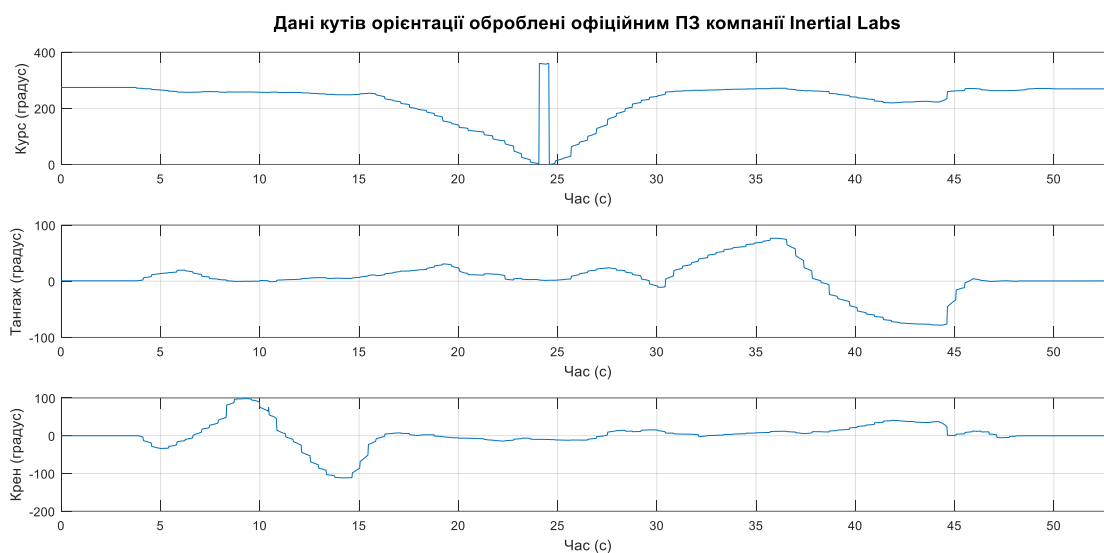


Рисунок 3.32. Результати обробки даних з приладу програмою компанії Inertial Labs

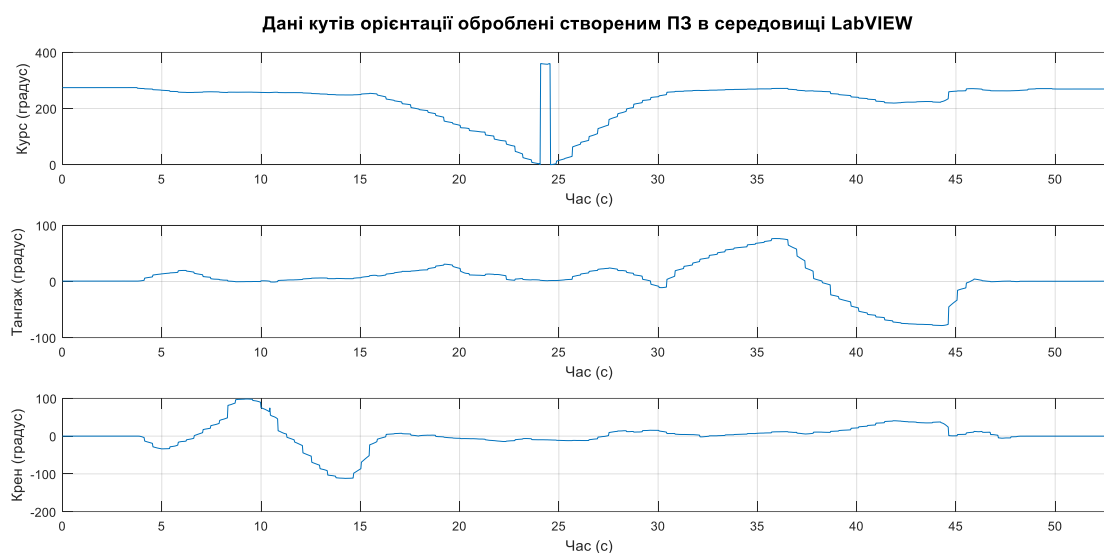


Рисунок 3.33. Результати обробки даних з приладу програмою створеною в LabVIEW

Після проходження всіх етапів тестування система виявилась працездатною та надійною. Кінцевим етапом даного розділу буде виведення висновків експериментальної частини.

3.4. Висновок до розділу

В цьому розділі було описано розробку каналу бездротової передачі даних, проведено аналіз найбільш підходящих технологій даного типу підключення, серед яких обрано технологію Bluetooth. Оглянуто класи та покоління чипів цієї технології. Описано вибір модулів Bluetooth та складових частин бездротового каналу, після чого проведено підключення бездротового каналу.

Створено програмне забезпечення в середовищі графічного програмування LabVIEW, для підключення та комунікації з зовнішнім обладнанням було використано архітектуру VISA. Продемонстрований вигляд фронтальної панелі програми, та описані розташовані на ній елементи. Описано блок-схеми функцій які використовувались в нашому програмному забезпеченні. Детально показано принцип та послідовність роботи ПЗ.

Розроблено методику досліджень яка складається з двох частин. Перша частина досліджень присвячена перевірці працездатності бездротового каналу передачі даних. В другій частині проведено перевірку роботи алгоритму розпізнавання та програмного забезпечення в цілому.

Перевірка працездатності каналу бездротової передачі проводилась в два етапи, спочатку проводилась перевірка передачі даних між модулями Bluetooth шляхом відправлення різного виду інформації з одного модулю до іншого. Другим етапом було підключення приладу до бездротового каналу та перевірено отримання даних з приладу.

Перевірка роботи програмного забезпечення також проводилась в декілька етапів. Спочатку було перевірено коректність розпізнавання підключених приладів, через відсутність можливості використання в експериментах приладів деяких виробників, було взято вибірку даних з них та подано на вхід програми. Потім було перевірено правильність обробки даних отриманих з приладу, де змінюючи положення приладу спостерігалась зміна даних на дисплеї. Щоб перевірити на скільки точно наше ПЗ обробляє дані, було взято прилад INS компанії Inertial Labs та

проведено запис даних в статичному режимі і в динамічному. Після чого ці дані були оброблені офіційним ПЗ компанії Inertial Labs та розробленим нами ПЗ в середовищі LabVIEW. Після обробки даних їх було виведено на графіки для порівняння результатів, які виявились ідентичними, це свідчить про те, що наше ПЗ працює коректно. Система на всіх етапах тестування показала хороші результати, отже даний проект є працездатним і його подальше використання можна пропонувати на підприємствах.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах переваги бездротової передачі даних, в цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту такого методу обміну інформацією та сумісного з ним ПЗ що дозволяє автоматично розпізнати прилад.

Ідея проекту полягає в розробці каналу бездротової передачі даних, на базі Bluetooth модулів, по якому буде здійснюватися збір даних з навігаційних приладів та створенню універсального ПЗ яке дозволяє розпізнати вид підключеного приладу, обробляти отримані з них дані та виводити необхідні дані на екран.

У таблиці 4.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Реалізація бездротової передачі даних від навігаційних приладів та розробка алгоритму розпізнавання підключених приладів	1.Розробка, та тестування	Полегшує процес підключення приладів
	2.Виробництво	Автоматично визначає підключений прилад
	3.Кінцевий продукт	Проводить фінальну обробку даних та виводить результати на екран

Висновок: в таблиці приведені основні напрямки застосування бездротового каналу зв'язку. Користувачами є компанії які розробляють навігаційні прилади та підприємства що використовують їх в своїх розробках.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

– проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 4.2).

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1	Конкурент2	Конкурент3			
1.	Швидкість	7	16	34	13			+
2.	Об'єм бази даних	25	15	8	5	+		
3.	Складність алгоритму	5	3	2	4	+		
4.	Мова програмування	LabVIEW	C++	C#	Python		+	
5.	Радіус передачі даних	10	8	10	20			+
6.	Споживання енергії	2	5	7	10	+		

Висновки: у порівнянні із головними конкурентами товар має ряд переваг – це швидкість та відстань обміну інформацією. З точки зору клієнтів виробництв, швидкість має більше значення через прискорення виходу фінального продукту на ринок. Відстань обміну інформацією теж є ключовим пунктом для співпраці із виробництвами. Подальше розширення бази даних та оптимізація алгоритму під різні системи та мови програмування підвищить конкурентоспроможність.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології бездротової передачі даних, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Аналіз складових які вказані в таблиці 4.3. передбачає визначення технологічної здійсненності ідеї проекту.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка універсального ПЗ	Створення алгоритму розпізнавання	Необхідно розробити	Доступна
2.	Розширення бази даних по навігаційних приладах	Аналіз вихідних даних приладів для визначення критерій розпізнавання	Наявна	Доступна
3.	Створення бездротового з'єднання	Розробка модуля для підключення приладів до бездротової мережі	Наявна	Доступна

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Реалізація ідеї проекту можлива. Технологія реалізації ідеї спирається на передачі інформації та обробці отриманих даних. Тому для того щоб значно виділитися на ринку від конкурентів, необхідно за основу взяти перші два пункти «Розробка універсального ПЗ» та «Розширення бази даних по навігаційних приладах», для цього потрібні спеціалісти з алгоритмів та мовних архітектур. Це розширить список клієнтів та забезпечить подальший прибуток.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

В першу чергу проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.4).

Таблиця 4.1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	70000 ум.од
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутня
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутня
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	38%

Висновки: результатами складеної таблиці показали, що вихід на ринок є рентабельним. Мала кількість гравців свідчить про великий шанс успішного входу на ринок, через високу наукоємність, однак мала конкурентність, при умові вибору правильного вектору розвитку, також може зіграти в плюс. Високий процент рентабельності дасть змогу швидко відбити затрачені кошти що підуть на розробку проекту.

Таблиця 4.2. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Бездротова передача даних та алгоритм розпізнавання підключеного приладу	-Розробка -Дослідження -Виробництво -Експлуатація	Відмінності пов'язані зі специфікою проведення дослідів, полегшення підключення приладів та забезпечення інтеграції з багатьма існуючими сист.	-Швидкість та стабільність передачі даних -Інтеграція із системами замовника

Висновки: формування ринку визначається потребою оцінки стану бездротової передачі даних та алгоритму розпізнавання. Основними споживачами цього продукту є сфери, що тією чи іншою мірою стосуються дослідження, використання та виробництва навігаційних приладів та систем. Заважаючи на це, головними вимогами до товару є швидкість та стабільність передачі даних, інтеграція із приладами замовника.

Таблиця 4.3. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Нижча вартість продукту у конкурента, при однаковій якості	Відтік клієнтів
2.	Економічний	Не стабільний економічний стан країни-розробника	Відмова від продукту

3.	Якість	Не достатня якість обміну інформацією та розпізнавання	Відмова від продукту
4.	Складність алгоритму	Сильне навантаження обчислювальної техніки	Відмова від продукту
5.	Патентні позови	Позови від компаній конкурентів	Відстоювання прав компанії

Висновки: конкуренція є головним фактором загроз. Вже існуючі товари на ринку мають певну репутацію та контракти на постачання оновлень і підтримку у споживачів. Конкуренти здатні понижати ціни для отримання нових клієнтів свого товару. Але поряд із колом загроз існують і певні можливості які вказані в таблиці 4.7.

Таблиця 4.4. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Використання в нових сферах	Застосування розробок у сферах для яких раніше не планувалось застосування	Створення робочої групи для модернізації алгоритму
2.	Збільшення попиту	Різде збільшення потреби в продукті	Збільшення постачання
3.	Індивідуальне замовлення	Потреба клієнта в модернізації продукту по його бажанню	Оцінка вартості та вигоди компанії при виконанні замовлення. Обговорення контракту з замовником та його схвалення
4.	Потреба в інтеграції	Необхідність реалізації коду в іншому програмному середовищі	В такому випадку стає можливим розробка алгоритму розпізнавання на замовлення та оптимізація його під різні системи
5.	Співпраця з конкурентами	Конкуренти запропонують об'єднатись	Перегляд пропозиції та оцінка можливих ризиків

Висновки: сфера використання таких систем поволі розвивається, тому ринок клієнтів також зростає. Збільшення зацікавленості в товарі призведе до різкого збільшення постачання та продажів, відповідно це приведе до нових вдосконалень. Це досягається шляхом рекламування та освоєння нових сфер використання.

Таблиця 4.5. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Не велика кількість постачальників цього продукту	-відповідність ринку -прогнозування -розвиток існуючих технологій
2. Міжнародний рівень конкурентної боротьби	Замовники з інших країн	Міжнародний ринок
3. Міжгалузеве	Застосування в різних галузях	Реклама та робота менеджерів для залучення клієнтів
4. Товарно-видова конкуренція	Запропонований товар одного виду	Стратегія розвитку орієнтована на клієнтах
5. Ціновий характер конкурентних переваг	Вартість залежить від функціональності та якості використаних матеріалів	Аналіз потреб та можливість адаптуватись до умов ринку
6. Марочна інтенсивність	Вибір бренду постачальника	Розкрутка бренду шляхом його рекламування

Висновки: чиста конкуренція на ринку присутня через те, що окремі гравці не можуть впливати на ціну товару. За рівнем конкурентної боротьби – міжнародний із міжгалузеву ознакою. Конкуренція за видами товарів – видова.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 4.6. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	CMR reasearch lab	FN Maths	National Systems	Advanced Navigation	FinMark
Висновки:	Низький рівень конкуренції	Вихід на ринок досить простий. Наявні потенційні конкуренти.	Постачальники не вказують ціни на ринку	Клієнти диктують умови через специфіку застосування.	Обмежень практично немає, наш продукт більш практичний

Таблиця 4.7. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Простота	Простота підключення приладів завдяки бездротовому з'єднанню, підвищує зручність застосування приладу
2	Адаптивність	Можливість підключення різних навігаційних приладів
3	Універсальність	Дозволяє працювати з даними приладами різних компаній, аналізувати та обробляти їх

Висновки: проведено аналіз факторів конкурентоспроможності. Завдяки простоті підключення приладів по бездротовому з'єднанню дозволить зробити цей процес більш зручним та простим. Можливість алгоритму розпізнавати підключений прилад робить його універсальним для всіх навігаційних приладів.

Таблиця 4.8. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з CMR reasearch lab						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Простота	16						+	
2	Адаптивність	15					+		
3	Універсальність	17						+	

Висновки: спираючись на фактори конкурентоспроможності (Таблиця 4.9) та підсумовуючи рейтинг товару відносно головного конкурента, запропонована система має більший рейтинг відносно прямих конкурентів. Дана таблиця показує відмінні особливості розробленої системи від аналогів та в яку саме сторону. Детальний аналіз показує, що сильними сторонами, у порівнянні із іншими системами, є простота підключення, адаптивність до різних навігаційних приладів та універсальність алгоритму для обробки отриманих даних.

Таблиця 4.9. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Швидкість передачі даних 2. Простота підключення 3. Адаптивність 4. Універсальність 5. Радіус передачі даних 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Велика база даних 2. Складність алгоритму 3. Споживання енергії
--	---

Можливості: 1. Вихід на міжнародний ринок 2. Збільшення попиту 3. Використання в нових сферах 4. Індивідуальне замовлення 5. Потреба в інтеграції 6. Співпраця з конкурентами	Загрози: 1. Конкуренція 2. Економічна нестабільність країни 3. Якість продукту 4. Навантаження обчислювальних систем 5. Патентні позови

Таблиця 4.10. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Індивідуалізм (максимум виграшу компанії)	Середня	7міс
2	Кооперація (максимум спільного виграшу)	Висока	9міс
3	Суперництво	Мала	13міс

Висновки: в результаті аналізу обрано коопераційну ринкову поведінку, як альтернативну через те, що за відносно короткий термін існує велика ймовірність отримання ресурсів.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Найперше що треба визначити для розроблення ринкової стратегії це визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.11. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Розробка та дослідження	-	+	Низька	+
	Виробництво	-	+	Низька	-
	Виробники кінцевих приладів	+	+	Низька	+

Які цільові групи обрано: під час вибору цільової групи до уваги взято в першу чергу готовність споживача сприйняти продукт. Центр досліджень та розробки потребують такої системи для полегшення підключення приладів на етапі їх розробки та тестування. Виробництво, що випускає навігаційні прилади має необхідність у прискоренні для скорочення часу виходу кінцевого продукту на ринок. Також, виробники які на базі навігаційних приладів розробляють системи і апарати, можуть потребувати такого продукту.

Для роботи в обраному сегменті ринку наступним пунктом є формування базової стратегії розвитку.

Таблиця 4.12. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Індивідуалізм	Недиференційований маркетинг	Адаптація до вимог ринку Використання новацій Генерування нових ідей	Спеціалізація

Висновки: було обрано стратегію розвитку спеціалізація, через існування на ринку більш сильних гравців. На перших кроках існування проекту є доцільним вибір саме цієї стратегії, так як це дозволить зайняти певну стабільну позицію на ринку.

Таблиця 4.13. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Буде виконано пошук нових споживачів проте в подальшому можливе переманювання клієнтів від конкурентів	Компанія займатиметься вдосконаленням наявних проектів	Стратегія виклику лідера

Висновок: оскільки проект не являється першопрохідцем та має суттєві переваги по відношенню до свого прямого конкурента, є доцільним вибір стратегії виклику лідера. Це є можливим на фоні використання інноваційних методів бездротової передачі даних.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки, розробляємо стратегію позиціонування яка визначається формуванням ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 4.14. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Швидкість передачі	Стратегія спеціалізації	До слідження та розвиток	Високошвидкісна, легкість, надійність
2	Можливість інтеграції з різними приладами	Стратегія спеціалізації	Обслуговування	Здатна до інтеграції
3	Висока стабільність роботи	Стратегія спеціалізації	Якість	Високоточна

Висновки: На ряду із використання інноваційних методів передачі даних, проект повинен викликати довіру клієнта, цього можна досягти завдяки задоволенню потреб замовника, можливості після продажного обслуговування та адаптації до нових потреб.

Система рішень щодо ринкової поведінки компанії є результатом даного підрозділу, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.18. проводимо підсумок результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.15. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	Покращення зручності обміну інформацією з навігаційними приладами	Більш зручна комунікація з приладами та їх автоматичне розпізнавання	Ціна, надійність, простота, підтримка, обслуговування.

Висновки: в результаті визначення переваг концепції товару, можливе створення цільової реклами товару та донесення повідомлення до клієнта.

Таблиця 4.16. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Бездротова передача даних дозволить спростити процес підключення приладів, що в свою чергу дасть змогу обміну даних на дистанції, не використовуючи кабелів. А алгоритм розпізнавання дозволить автоматично визначати який прилад був підключений, та обробляти отримані дані.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Швидкість передачі даних	3мб/с	Тх
	2. Мова програмування	LabVIEW	Тх
	3. Надійність	0.1% зав.	Тх
	4. Енергоспоживання	30mA	Тх
	Якість: оптимізованість алгоритму, коректність використаних технологій, звіти з тестування роботи проекту		
	User Manual		
Марка: LabVIEW			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: підтримка багатьох навігаційних приладів		
	Після продажу: сервіс, гарантія, сервісне обслуговування		
Захист товару проводиться шляхом патентування розробки, проведення заходів захисту проекту			

Висновки: основними засобами захисту від копіювання є патентування програмних рішень, що використовуються у алгоритмі. Окрім того, захист програмного коду повинен запобігти копіюванню. Зазначені характеристики на другому та третьому рівнях роблять товар унікальним серед конкурентів.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (таблиця 5.20).

Таблиця 4.17. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	1000-1300у.о.	1400-1700у.о.	17000-40000у.о.	1000-1200у.о.

Висновки: було обрано середню цінову категорію, оскільки висока ціна може не задовольняти споживача, цим самим відверне його увагу від продукту.

Таблиця 4.18. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Продаж	Безпосередня передача товару замовнику	Нульовий рівень	Безпосередній (прямий)
2	Оренда	Надання консультацій та оренди блока бездротової передачі з програмним забезпеченням що захищене цифровим сертифікатом	Нульовий рівень	Безпосередній (прямий)

Висновки: основними каналами збуту є продаж. Через відносно невелику кількість цільової аудиторії нема сенсу використовувати підрядників для реалізації товару. Тому було обрано нульовий рівень глибини каналу збут та пряма система збуту.

Таблиця 4.19. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Зовнішні обставини спонукають споживача до пошуку рішення	- Прямий зв'язок із підрядником - Сайт виробника - Рекламні оголошення	- Висока швидкість передачі даних - Простота інтеграції - Надійність	Донесення можливостей покращення роботи за допомогою цього проекту	Показ можливостей даної розробки та сфери застосування

Висновки: Маркетингова комунікація проходить шляхом рекламних партій, при прямому контакті із потенційними покупцями та завдяки сайтам компаній. Метою цих комунікацій є донесення можливостей даної системи та переваг її використання.

4.6. Висновки до розділу

В даному розділі описано розробку першого етапу створення стартап-проекту. Головним етапом в будь-якій науковій роботі є можливість застосування розробленої концепції в промисловості та подальша комерціалізація. На економіку підприємств в певній мірі впливає розвиток нових ідей, чи певні вдосконалення наявних. Тому проект який був розроблений можна використати як бізнес модель та продати зацікавленим компаніям.

Спочатку було проведено вибір та опис ідеї даного проекту. В таблиці 5.1 представлено назву проекту, напрямки застосування та зацікавлені сторони, які можуть бути споживачами. Також розглянуті можливі ризики які можуть виникнути під час реалізації. Проведений аналіз слабких та сильних сторін дозволяє визначити аспекти, на які слід звернути увагу.

Оцінити конкурентоспроможність можна після переліку слабких, нейтральних та сильних характеристик розробки. Для цього проекту було обрано нішу товару у сфері розробок навігаційних приладів, виготовленні навігаційних систем та пристроїв на їх базі. Сильними сторонами проекту є швидкість передачі даних, простота підключення, відстань бездротової передачі, універсальність системи та адаптивність до різних приладів.

Наступний етап це проведення технологічного аудиту проекту. Під час проведення аудиту можна зрозуміти яка технологія виконання буде найкращою для розробки. Щоб мати значний рівень конкуренції в даному випадку слід зосередитись на алгоритмі розпізнавання підключених приладів, це зробить проект універсальним

та незамінним. Отже, розробка проекту можлива, але буде потрібно знайти клієнтів шляхом можливих рекламних компаній.

Так як технології розвиваються досить швидко, для отримання необхідних ресурсів та прибутків, слід обрати кооперацію, як форму ринкового впровадження проекту. А це означає що для того щоб вдало зайти на ринок, потрібно запропонувати лідерам ринку використовувати наш проект. Проте в такому випадку жодна з сторін не отримає повного прибутку.

Проаналізувавши всі аспекти ринку, виявлено що розвивати проекту далі можливо. Але це можна досягти шляхом досить серйозної рекламної компанії, щоб донести до клієнтів переваги застосування бездротової передачі даних у їх розробках.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Провівши аналіз наукових робіт, статей та досліджень було виявлено відсутність покриття теми бездротової передачі даних від навігаційних датчиків, особливо в умовах розробок та тестування. Висвітлено роль даного методу передачі даних для сучасних розробок на базі навігаційних систем.

Розглянуто стандарти та інтерфейси передачі даних провідного та безпроводного зв'язку. Визначено їх класифікацію, переваги та недоліки і виведено таблиці характеристик для порівняння.

Розглянуто компанії що займаються розробками, виготовленням та тестуванням навігаційних систем. Ознайомились з продуктами компаній, переглянули технічні характеристики деяких приладів.

Порівнявши технічні специфікації приладів різних компаній було визначено маркери пакетів, службову інформацію, розмір форматів видачі даних, послідовність розташування в пакеті даних з датчиків, та на основі цієї інформації створено базу даних.

На основі відмінностей вихідних даних приладів різних виробників було розроблено алгоритм розпізнавання, побудовано блок схеми кожного етапу алгоритму та описано структуру його роботи.

Описано розробку каналу бездротової передачі даних, проведено аналіз найбільш підходящих технологій даного типу підключення, серед яких обрано технологію Bluetooth. Оглянуто класи та покоління чипів цієї технології. Описано вибір модулів Bluetooth та складових частин бездротового каналу, після чого проведено підключення бездротового каналу.

Створено програмне забезпечення в середовищі графічного програмування LabVIEW, для підключення та комунікації з зовнішнім обладнанням було використано архітектуру VISA. Продемонстрований вигляд фронтальної панелі програми, та описані розташовані на ній елементи. Описано блок-схеми функцій які

використовувались в нашому програмному забезпеченні. Детально показано принцип та послідовність роботи ПЗ.

Розроблено методику досліджень яка складається з двох частин. Перша частина досліджень присвячена перевірці працездатності бездротового каналу передачі даних. В другій частині проведено перевірку роботи алгоритму розпізнавання та програмного забезпечення в цілому.

Перевірка працездатності каналу бездротової передачі проводилась в два етапи, спочатку проводилась перевірка передачі даних між модулями Bluetooth шляхом відправлення різного виду інформації з одного модулю до іншого. Другим етапом було підключення приладу до бездротового каналу та перевірено отримання даних з приладу.

Перевірка роботи програмного забезпечення також проводилась в декілька етапів. Спочатку було перевірено коректність розпізнавання підключених приладів, через відсутність можливості використання в експериментах приладів деяких виробників, було взято вибірку даних з них та подано на вхід програми. Потім було перевірено правильність обробки даних отриманих з приладу, де змінюючи положення приладу спостерігалась зміна даних на дисплеї. Щоб перевірити на скільки точно наше ПЗ обробляє дані, було взято прилад INS компанії Inertial Labs та проведено запис даних в статичному режимі і в динамічному. Після чого ці дані були оброблені офіційним ПЗ компанії Inertial Labs та розробленим нами ПЗ в середовищі LabVIEW. Після обробки даних їх було виведено на графіки для порівняння результатів, які виявились ідентичними, це свідчить про те, що наше ПЗ працює коректно. Система на всіх етапах тестування показала хороші результати, отже даний проект є працездатним і його подальше використання можна пропонувати на підприємствах.

Описано розробку першого етапу створення стартап-проекту, де спочатку було проведено вибір та опис ідеї даного проекту. Представлено назву проекту, напрямки застосування та зацікавлені сторони, які можуть бути споживачами. Також розглянуті можливі ризики які можуть виникнути під час реалізації. Проведений аналіз слабких

та сильних сторін дозволяє визначити аспекти, на які слід звернути увагу. Оцінено конкурентоспроможність та проведено технологічний аудит проекту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Семирівнева модель osi [Електронний ресурс] // StudFiles – Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/35872.html> (дата звернення: 10.09. 2018р).
2. IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee [Електронний ресурс] // IEEE – Режим доступу: <http://www.ieee802.org/> (дата звернення: 10.09. 2018р).
3. Інтерфейс [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Інтерфейс](https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтерфейс) (дата звернення: 10.09. 2018р).
4. Параллельные и последовательные интерфейсы [Електронний ресурс] // PersCom.ru – Режим доступу: <http://perscom.ru/2012-03-23-14-46-26/89-vvedenie1/552-par-i-posled> (дата звернення: 10.09. 2018р).
5. Последовательные интерфейсы [Електронний ресурс] // Цифровая техника в радиосвязи – Режим доступу: [http://digteh.ru/ PC/UART/2.php](http://digteh.ru/PC/UART/2.php) (дата звернення: 10.09. 2018р).
6. Классификация интерфейсов по принципу передачи информации [Електронний ресурс] // StudFiles – Режим доступу: [https://studfiles.net/preview/ 5288427/page:9/](https://studfiles.net/preview/5288427/page:9/) (дата звернення: 10.09. 2018р).
7. Интерфейсы ИИС [Електронний ресурс] // Студопедия – Режим доступу: [https://studopedia.ru/view_misi.php ?id=88](https://studopedia.ru/view_misi.php?id=88) (дата звернення: 10.09. 2018р).
8. Последовательная передача данных [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Последовательная_передача _данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/Последовательная_передача_данных) (дата звернення: 10.09. 2018р).
9. Последовательные и параллельные порты ввода-вывода [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Последовательные_и_параллельные_порты_ввода-вывода](https://ru.wikipedia.org/wiki/Последовательные_и_параллельные_порты_ввода-вывода) (дата звернення: 10.09. 2018р).
10. Измерительные информационные системы (ИИС) [Електронний ресурс] // HomeWork – Режим доступу: [https://homework.net.ua/ izmeritelnye-informacionnye-sistemy-iis/](https://homework.net.ua/izmeritelnye-informacionnye-sistemy-iis/) (дата звернення: 10.09. 2018р).

11. Беспроводные_технологии [Электронный ресурс] // Wikipedia – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Беспроводные_технологии](http://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводные_технологии) (дата звернения: 10.09. 2018p).
12. Радиопередача данных [Электронный ресурс] // Lawbooks – Режим доступа: http://lawbooks.news /informatika_961/radioperedacha-dannyih-61003.html (дата звернения: 10.09. 2018p).
13. WWAN [Электронный ресурс] // Wikipedia – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WWAN> (дата звернения: 10.09. 2018p).
14. Персональная сеть [Электронный ресурс] // Wikipedia – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org /wiki/Персональная_ сеть (дата звернения: 10.09. 2018p).
15. Беспроводная локальная сеть [Электронный ресурс] // Wikipedia – Режим доступа: https://ru.wikipedia. org/wiki/Беспроводная_локальная_сеть (дата звернения: 10.09. 2018p).
16. Классификация беспроводных сетей передачи данных [Электронный ресурс] // Вунивер.ру – Режим доступа: <https://vunivere.ru/work65019?screenshots=1> (дата звернения: 10.09. 2018p).
17. Гуреев А.В., Кустов В.А. Компьютерное моделирование беспроводных сетей и проблемы их электромагнитной совместимости // Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ»
18. Д. М. Михайлов, А. В. Стариковский, А. С. Смирнов, А. В. Зуйков, Т. Р. Хабибуллин. Обзор безопасности протоколов передачи данных Bluetooth.
19. Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su, Chung-Chou Shen. A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and WiFi // IECON 2007 - 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society 2008.
20. А.В. Кычкин. Модель синтеза структуры автоматизированной системы сбора и обработки данных на базе беспроводных датчиков // автоматизация и современные технологии 2009. № 1, С. 15.

21. Haytham Qasem, Omar Gorgis, Leonhard Reindl. Design and Calibration of an Inertial Sensor System for Precise Vehicle Navigation // PROCEEDINGS OF THE 5th WORKSHOP ON POSITIONING, NAVIGATION AND COMMUNICATION 2008
22. ZHANG Liang, LAI Ji-Zhou, SHI Peng, BAO Sheng, Liu Jian-Ye. An improved MCS/INS integrated navigation Algorithm for Multi-Rotor UAV in Indoor flight // Proceedings of 2016 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference
23. Gaddafi Abdul-Salaam, Abdul Hanan Abdullah. Energy-Efficient Data Reporting for Navigation in Position-Free Hybrid Wireless Sensor Networks // JOURNAL OF LATEX CLASS FILES, VOL. 14, NO. 8, AUGUST 2015
24. About us [Електронний ресурс] Inertial Labs // – Режим доступу: <https://inertiallabs.com/about.html> (дата звернення: 01.10. 2018р).
25. Company [Електронний ресурс] Advanced Navigation// – Режим доступу: <https://www.advancednavigation.com/company> (дата звернення: 01.10. 2018р).
26. About us [Електронний ресурс] iMAR Navigation // – Режим доступу: <https://www.imar-navigation.de/en/company> (дата звернення: 01.10. 2018р).
27. About us [Електронний ресурс] OXTS // – Режим доступу: <https://www.oxts.com/about-us/> (дата звернення: 01.10. 2018р).
28. About us [Електронний ресурс] Inertial Sense // – Режим доступу: <https://inertialsense.com/about/> (дата звернення: 01.10. 2018р).
29. Шістнадцяткова система числення [Електронний ресурс] // Wikipedia – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Шістнадцяткова_система_числення (дата звернення: 09.10. 2018р).
30. . Автоматизированный парсинг сайтов с помощью Kimono и таблиц Google [Електронний ресурс] // Netpeak Blog – Режим доступу: <https://netpeak.net/ru/blog/avtomatizirovanniy-parsing-saytov-s-pomoshchyu-kimono-i-tablits-google/> (дата звернення: 09.10. 2018р).

31. Беспроводная передача данных: типы, технология и устройства [Электронный ресурс] // Fb.ru – Режим доступа: <http://fb.ru/article/382356/besprovodnaya-peredacha-dannyih-tipyi-tehnologiya-i-ustroystva> (дата звернения: 09.10. 2018р).
32. WiFi, Bluetooth или Zigbee – какой стандарт лучше? [Электронный ресурс] // ua.automation.com Режим доступа: <http://ua.automation.com/content/wifi-bluetooth-ili-zigbee-kakoj-standart-luchshe> (дата звернения: 01.11. 2018р).
33. Bluetooth [Электронный ресурс] // Bluetooth – Режим доступа: <https://www.bluetooth.com/about-us> (дата звернения: 01.11. 2018р).
34. MAX232 (MAX3232) справочные данные [Электронный ресурс] // Zipstore.ru – Режим доступа: <https://zipstore.ru/blog/max232-max3232-spravochnye-dannye> (дата звернения: 10.09. 2018р).
35. National Instruments VISA [Электронный ресурс] // National Instruments – Режим доступа: <https://www.ni.com/visa/> (дата звернения: 01.11. 2018р).

ДОДАТОК А

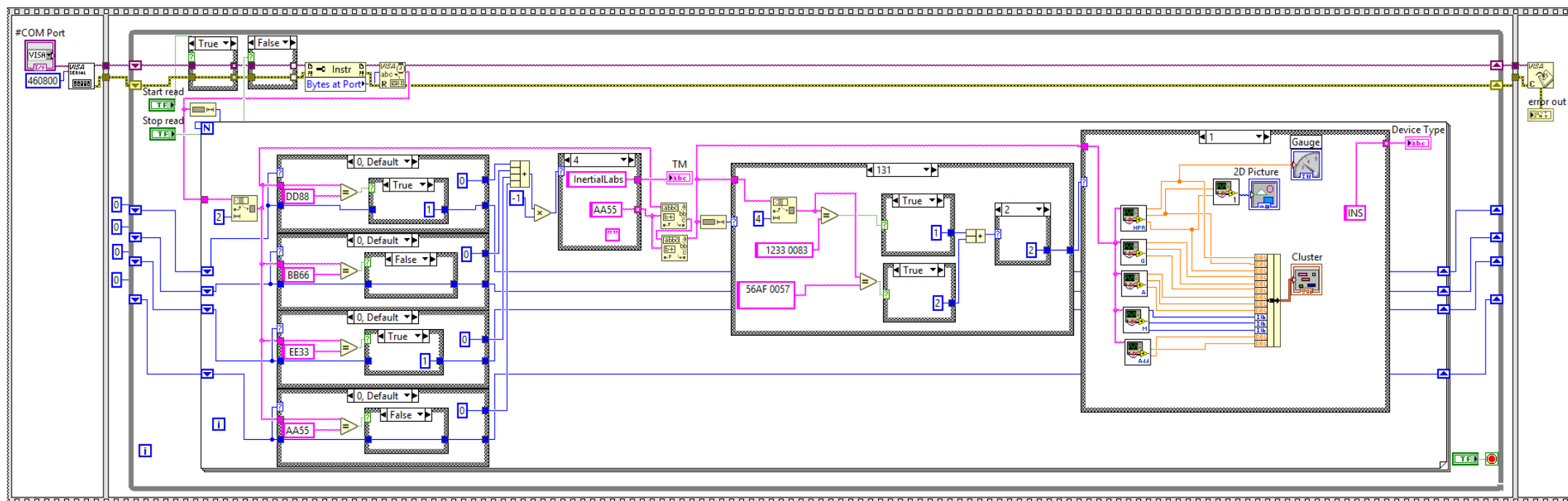


Рисунок А.1 – Блок-схема розробленого ПЗ